PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 20. 15. Oktober 1909. Redaktionsschluß für No. 21 am 16. Oktober 1909. 10. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:

G. Nordström, Zur Elektrodynamik Minkowskis. S. 681.

H. Happel, Versuch einer Erweiterung des Gesetzes der korrespondierenden Zustände. S. 687.

J. Stock, Über asymmetrische Tripletts im Wolframspektrum. S. 694.

O. Hahn u. L. Meitner, Nachweis der komplexen Natur von Radium C. S. 697.

C. Richter, Dämpfung elektrischer Schwingungen beim Funkenübergang in verschiedenen Gasen. S. 703.

E. Wasmuth, Über eine merkwürdige Nordlichterscheinung. S. 707.

Vorträge und Reden:

G. E. Hale, Einige Gelegenheiten zu astronomischen Arbeiten mit wohlfeilen Apparaten. S. 707.

Besprechungen:

Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik. XXII. S. 719.

A. Saal, Die Photographie in den Tropen mit den Trockenplatten. S. 719.

A. v. Hübl, Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatte. S. 720.

R. Fitzner, Die Regenverteilung in den deutschen Kolonien. S. 720.

J. B. Messerschmitt, Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche. S. 720.

Handbuch der anorganischen Chemie. II, 1. S. 720.

W. Makower, Die radioaktiven Substanzen. S. 720.

C. W. Raffety, Einführung in die Wissenschaft der Radioaktivität. S. 721.

M. v. Rohr, Abhandlungen zur Geschichte des Stereoskops. S. 721.

G. Mercator, Die Diapositivverfahren. S. 721.

H. Poincaré, Die Maxwellsche Theorie und die Hertzschen Schwingungen. S. 721.

F. M. Feldhaus, Luftfahrt einst und jetzt. S. 721.

Tagesereignisse. S. 721.

Personalien. S. 722.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1909/10. S. 722.

Gesuche. S. 736.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Zur Elektrodynamik Minkowskis.

Von Gunnar Nordström.

Die im elektromagnetischen Felde wirkende ponderomotorische Kraft leitet sich ja nach der Elektrodynamik von Lorentz, wenigstens für ruhende Körper, aus den fiktiven Maxwellschen Spannungen und der Abnahme der elektromagnetischen Bewegungsgröße ab [1]). Wie liegt die Sache, wenn man sich auf den Boden der Theorie von Minkowski stellt? Der Ausdruck, den Minkowski selbst für die ponderomotorische Kraft angibt [2]), leitet sich nur für ruhende Körper aus Spannungen und Bewegungsgröße ab. Die Annahme dieses Ausdruckes stößt aber auf gewisse Schwierigkeiten (vgl. unten S. 686). Neuerdings hat Abraham in einer Arbeit, wo er die verschiedenen Theorien der Elektrodynamik vergleicht [3]), einen Ausdruck für die ponderomotorische Kraft aufgestellt, dessen Gültigkeit in der Elektrodynamik von Minkowski er annimmt. Dabei wird diese Elektrodynamik von Abraham etwas modifiziert, unter der Behauptung, daß doch die Grundlage der Theorie von Minkowski — das Relativitätsprinzip — aufrecht gehalten wird. Nach dem erwähnten Ausdruck Abrahams würde sich die ponderomotorische Kraft auch für bewegte Körper aus Spannungen und elektromagnetischer Bewegungsgröße ergeben. Es scheint mir nicht möglich, diesen Ausdruck Abrahams mit den Prinzipien der Mechanik Minkowskis zu vereinigen. An Hand eines einfachen Beispieles werde ich nämlich zeigen, daß die Annahme, die ponderomotorische Kraft ließe sich auch für bewegte Körper vollständig durch die fiktiven Spannungen und die Abnahme der elektromagnetischen Bewegungsgröße darstellen, zu Widersprüchen mit der Mechanik von Minkowski führt. Auch dem Ausdruck, den Abraham für die Joulesche Wärme postuliert [1]), kann ich nicht beistimmen.

1) H. A. Lorentz, Enzykl. d. math. Wiss. V 14, S. 244 u. f.

2) H. Minkowski, Gött. Nachr. 1908, S. 97.

3) M. Abraham, Rend. Circ. Matem. Palermo, t. XXVIII, 1909: Zur Elektrodynamik bewegter Körper, Gl. (6) und (60).

Der Kern der Elektrodynamik und Mechanik von Minkowski liegt ja in dem Postulat, daß alle Vorgänge denselben, unveränderten Gesetzen folgen, wenn sie von verschiedenen Raum—Zeit-Bezugssystemen aus beurteilt werden. Zwischen den Koordinaten in zwei solchen Bezugssystemen gelten lineare Beziehungen. Die Zeit wird hierbei auch als eine Koordinate betrachtet (nach Minkowski ist ja $c\sqrt{-1}\cdot t$, wo c die Lichtgeschwindigkeit und t die Zeit, den Raumkoordinaten völlig gleichartig).

Es seien (x, y, z, t) und $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t})$ zwei Raum—Zeit-Bezugssysteme. Denken wir uns die Verhältnisse im gewöhnlichen, dreidimensionalen Raum, so haben wir zwei räumliche Bezugssysteme, die sich im Verhältnis zueinander gleichförmig bewegen. Der Einfachheit halber legen wir die x-Achse so, daß der Koordinatenanfang des überstrichenen Systemes sich, vom unüberstrichenen System aus betrachtet, längs dieser Achse bewegt; die Geschwindigkeit dieser Bewegung sei v. Weiter legen wir die Achsen des überstrichenen Systemes den entsprechenden Achsen des unüberstrichenen parallel. (In der Minkowskischen, vierdimensionalen Welt sind die x- und $\bar{x}$-Achse, wie auch die t- und $\bar{t}$-Achse nicht miteinander parallel.) Dann sind

1) M. Abraham, l. c., Gl. (III).

die Beziehungen zwischen überstrichenen und unüberstrichenen Koordinaten folgende (sie sind zuerst von Einstein[1]) angegeben):

$$\left.\begin{aligned} \bar{x} &= \beta(x - vt), \\ \bar{y} &= y, \quad \bar{z} = z, \\ \bar{t} &= \beta\left(t - \frac{v}{c^2}x\right), \end{aligned}\right\} \tag{1}$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit im leeren Raume ist, und weiter

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \tag{1a}$$

gesetzt ist. Umgekehrt hat man

$$x = \beta(\bar{x} + v\bar{t}), \quad t = \beta\left(\bar{t} + \frac{v}{c^2}\bar{x}\right). \tag{1'}$$

Jede Funktion von x, y, z, t kann mit Hilfe dieser Beziehungen auch als eine Funktion von $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t}$ aufgefaßt werden. Es sei F eine solche Funktion. Es ist dann

$$\begin{aligned} &\frac{\partial F}{\partial x}dx + \frac{\partial F}{\partial y}dy + \frac{\partial F}{\partial z}dz + \frac{\partial F}{\partial t}dt \\ &= \frac{\partial F}{\partial \bar{x}}\beta(d\bar{x} + vd\bar{t}) + \frac{\partial F}{\partial \bar{y}}d\bar{y} + \frac{\partial F}{\partial \bar{z}}d\bar{z} + \\ &\qquad \frac{\partial F}{\partial \bar{t}}\beta\left(d\bar{t} + \frac{v}{c^2}d\bar{x}\right) \\ &= \frac{\partial F}{\partial \bar{x}}dx + \frac{\partial F}{\partial \bar{y}}d\bar{y} + \frac{\partial F}{\partial \bar{z}}d\bar{z} + \frac{\partial F}{\partial \bar{t}}d\bar{t}. \end{aligned}$$

Man hat also

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial x} &= \beta\left(\frac{\partial F}{\partial \bar{x}} + \frac{v}{c^2}\frac{\partial F}{\partial \bar{t}}\right), \\ \frac{\partial F}{\partial y} &= \frac{\partial F}{\partial \bar{y}}, \quad \frac{\partial F}{\partial z} = \frac{\partial F}{\partial \bar{z}}, \\ \frac{\partial F}{\partial t} &= \beta\left(\frac{\partial F}{\partial \bar{t}} + v\frac{\partial F}{\partial \bar{x}}\right). \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

Diese Gleichungen finden bei Transformation der Feldgleichungen Anwendung.

In der Elektrodynamik von Minkowski lauten die Grundgleichungen[2]) (die, nebst den Nebenbedingungen (4), auch von Abraham unverändert beibehalten sind):

$$\left.\begin{aligned} c\,\mathrm{curl}\,\mathfrak{H} - \frac{\partial \mathfrak{D}}{\partial t} &= \mathfrak{J} + \mathfrak{v}\varrho, \\ \mathrm{div}\,\mathfrak{D} &= \varrho, \\ c\,\mathrm{curl}\,\mathfrak{E} + \frac{\partial \mathfrak{B}}{\partial t} &= 0, \\ \mathrm{div}\,\mathfrak{B} &= 0. \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

Es sind hier $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{D}$ elektrische Kraft und elektrische Erregung, $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{B}$ magnetische Kraft und magnetische Erregung, $\mathfrak{J}$ der Leitungsstrom, ϱ die Dichte der (wahren) Elektrizität, $\mathfrak{v}$ die Geschwindigkeit der Materie, t die Zeit und c die Lichtgeschwindigkeit (universelle Konstante).

Zu den Differentialgleichungen (3) treten noch die Nebenbedingungen, die für isotrope Körper lauten

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{D} + \frac{1}{c}[\mathfrak{v}\mathfrak{H}] &= \varepsilon\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}[\mathfrak{v}\mathfrak{B}]\right), \\ \mathfrak{B} - \frac{1}{c}[\mathfrak{v}\mathfrak{E}] &= \mu\left(\mathfrak{H} - \frac{1}{c}[\mathfrak{v}\mathfrak{D}]\right). \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

ε und μ sind Dielektrizitätskonstante und Permeabilität der Materie.

Wenn verschiedene Raum—Zeit-Bezugssysteme zugrunde gelegt werden, hat man, wie gesagt, immer dieselben Feldgleichungen (3) und (4). Wie zwischen den Koordinaten hat man auch zwischen den Feldgrößen in verschiedenen Bezugssystemen gewisse Beziehungen. Wenn die Achsen zweier Bezugssysteme (x, y, z, t) und $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t})$ so gelegt sind, daß zwischen überstrichenen und unüberstrichenen Koordinaten die Gleichungen (1) gelten, so hat man zwischen überstrichenen und unüberstrichenen Feldgrößen die Beziehungen[1])

$$\left.\begin{aligned} \bar{\mathfrak{E}}_x &= \mathfrak{E}_x, \quad \bar{\mathfrak{E}}_y = \beta\left(\mathfrak{E}_y - \frac{v}{c}\mathfrak{B}_z\right), \\ \bar{\mathfrak{E}}_z &= \beta\left(\mathfrak{E}_z + \frac{v}{c}\mathfrak{B}_y\right), \end{aligned}\right\} \tag{5a}$$

$$\left.\begin{aligned} \bar{\mathfrak{D}}_x &= \mathfrak{D}_x, \quad \bar{\mathfrak{D}}_y = \beta\left(\mathfrak{D}_y - \frac{v}{c}\mathfrak{H}_z\right), \\ \bar{\mathfrak{D}}_z &= \beta\left(\mathfrak{D}_z + \frac{v}{c}\mathfrak{H}_y\right), \end{aligned}\right\} \tag{5b}$$

$$\left.\begin{aligned} \bar{\mathfrak{H}}_x &= \mathfrak{H}_x, \quad \bar{\mathfrak{H}}_y = \beta\left(\mathfrak{H}_y + \frac{v}{c}\mathfrak{D}_z\right), \\ \bar{\mathfrak{H}}_z &= \beta\left(\mathfrak{H}_z - \frac{v}{c}\mathfrak{D}_y\right), \end{aligned}\right\} \tag{5c}$$

$$\left.\begin{aligned} \bar{\mathfrak{B}}_x &= \mathfrak{B}_x, \quad \bar{\mathfrak{B}}_y = \beta\left(\mathfrak{B}_y + \frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\right), \\ \bar{\mathfrak{B}}_z &= \beta\left(\mathfrak{B}_z - \frac{v}{c}\mathfrak{E}_y\right), \end{aligned}\right\} \tag{5d}$$

$$\left.\begin{aligned} \bar{\mathfrak{J}}_x &= \frac{1}{\beta}\frac{\mathfrak{J}_x}{1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}, \quad \bar{\mathfrak{J}}_y = \mathfrak{J}_y + \frac{v}{c^2}\mathfrak{J}_x\frac{\mathfrak{v}_y}{1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}, \\ \bar{\mathfrak{J}}_z &= \mathfrak{J}_z + \frac{v}{c^2}\mathfrak{J}_x\frac{\mathfrak{v}_z}{1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}, \end{aligned}\right\} \tag{5e}$$

$$\left.\begin{aligned} \bar{\mathfrak{v}}_x &= \frac{\mathfrak{v}_x - v}{1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}, \quad \bar{\mathfrak{v}}_y = \frac{1}{\beta}\frac{\mathfrak{v}_y}{1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}, \\ \bar{\mathfrak{v}}_z &= \frac{1}{\beta}\frac{\mathfrak{v}_z}{1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}, \end{aligned}\right\} \tag{5f}$$

$$\bar{\varrho} = \beta\left(1 - \frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}\right)\varrho - \beta\frac{v}{c^2}\mathfrak{J}_x. \tag{5g}$$

1) A. Einstein, Ann. d. Phys. **17**, 902, 1905.
2) H. Minkowski, Gött. Nachr. 1908, S. 74.

1) H. Minkowski, Gött. Nachr. 1908, S. 74; A. Einstein u. J. Laub, Ann. d. Phys. **26**, 534, 1908.

Umgekehrt hat man

$$\mathfrak{E}_y = \beta\left(\overline{\mathfrak{E}}_y + \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{B}}_z\right), \quad \mathfrak{E}_z = \beta\left(\overline{\mathfrak{E}}_z - \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{B}}_y\right) \quad (5a)$$

usw.

Im überstrichenen System schreiben wir z. B. die erste der Gleichungen (3)

$$c\,\overline{\operatorname{curl}\mathfrak{H}} - \frac{\partial\overline{\mathfrak{D}}}{\partial t} = \overline{\mathfrak{J}} + \overline{v}\overline{\varrho}.$$

Es ist natürlich hier $\overline{\operatorname{curl}\mathfrak{H}}$ ein Vektor mit den Komponenten

$$\frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_z}{\partial y} - \frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_y}{\partial z}, \quad \frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_x}{\partial z} - \frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_z}{\partial x}, \quad \frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_y}{\partial x} - \frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_x}{\partial y},$$

wenn, wie wir annehmen, das Bezugssystem ein Rechtssystem ist.

Es soll nun ein einfacher spezieller Fall betrachtet werden, der zeigt, daß für bewegte Körper die ponderomotorische Kraft sich nicht vollständig aus den fiktiven Spannungen und der Abnahme der elektromagnetischen Bewegungsgröße ableitet; und welches Beispiel auch wichtige Schlüsse über die Joulesche Wärme ziehen läßt.

Es sei von einem Bezugssystem $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t})$ aus beurteilt alle Materie in Ruhe und alle Größen nur von einer Koordinate $\bar{x}$ (nicht aber von $\bar{y}$, $\bar{z}$ und $\bar{t}$) abhängig. Der Raum zwischen $\bar{x} = -a$ und $\bar{x} = +a$ sei von einem homogenen, leitenden Medium erfüllt, sonst sei keine Materie vorhanden. Die elektrische Kraft $\overline{\mathfrak{E}}$ sei überall auch räumlich konstant und der z-Achse parallel. Die magnetische Kraft $\overline{\mathfrak{H}}$ sei der y-Achse parallel, und für $\bar{x} < -a$ sei $\overline{\mathfrak{H}}_y$ konstant gleich $\overline{\mathfrak{H}}_{y1}$; für $\bar{x} > +a$ habe $\overline{\mathfrak{H}}_y$ dagegen den entgegengesetzten Wert

$$\overline{\mathfrak{H}}_{y2} = -\overline{\mathfrak{H}}_{y1}.$$

Zwischen $\bar{x} = -a$ und $\bar{x} = +a$ sei $\frac{\partial\overline{\mathfrak{H}}_y}{\partial\bar{x}}$ konstant. Es fließt dann in der leitenden Scheibe ein der z-Achse paralleler elektrischer Strom von der Dichte

$$\overline{\mathfrak{J}}_z = \frac{c}{a}\overline{\mathfrak{H}}_{y2}. \quad (6)$$

Beiläufig sei bemerkt, daß die spezifische Leitfähigkeit der Scheibe den Wert

$$\frac{c}{a}\cdot\frac{\overline{\mathfrak{H}}_{y2}}{\overline{\mathfrak{E}}_z}$$

haben muß.

Die auf die Scheibe wirkenden ponderomotorischen Kräfte geben als Resultierende Null, wie sich sofort zeigen wird. Für ruhende Körper ist nicht zu bezweifeln, daß die ponderomotorische Kraft sich vollständig aus den fiktiven Spannungen und der elektromagnetischen Bewegungsgröße berechnen läßt. Die fiktiven Spannungen im Äther sind ja bekannt [1]), sie sind zu beiden Seiten der Scheibe dieselben und üben auf ihre Seiten einen Normaldruck von der Größe

$$\frac{1}{2}(\overline{\mathfrak{E}}_x^2 + \overline{\mathfrak{H}}_{y1}^2) = \frac{1}{2}(\overline{\mathfrak{E}}_x^2 + \overline{\mathfrak{H}}_{y2}^2)$$

pro Flächeneinheit aus. Da weiter die elektromagnetische Bewegungsgröße zeitlich konstant ist, so ist in der Tat die auf die Scheibe wirkende ponderomotorische Kraft gleich Null. Dasselbe Ergebnis geben die Ausdrücke von Minkowski und Abraham. Wenn keine fremden Kräfte auf die Scheibe wirken, hat sie also kein Bestreben, sich in Bewegung zu setzen, denn auch nach der Mechanik von Minkowski verschwindet die Beschleunigung, wenn die Kraft verschwindet.

Nun soll der Vorgang von einem zweiten Bezugssystem (x, y, z, t) aus betrachtet werden, das durch die Gleichungen (1) mit dem System $(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{t})$ verknüpft ist. Vom System (x, y, z, t) aus betrachtet, bewegt sich die Scheibe mit der Geschwindigkeit v in der Richtung der x-Achse.

Wir suchen auch nun die ponderomotorische Kraft aus den fiktiven Spannungen und der elektromagnetischen Bewegungsgröße zu bestimmen. Zunächst haben wir, da im leeren Raum $\mathfrak{D} = \mathfrak{E}$, $\mathfrak{B} = \mathfrak{H}$, für die elektrische und magnetische Kraft.

$$\left.\begin{aligned}
&\mathfrak{E}_{z1} = \beta\left(\overline{\mathfrak{E}}_z - \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{H}}_{y1}\right) = \beta\left(\overline{\mathfrak{E}}_z + \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{H}}_{y2}\right), \quad \mathfrak{E}_{x1} = \mathfrak{E}_{y1} = 0,\\
&\mathfrak{E}_{z2} = \beta\left(\overline{\mathfrak{E}}_z - \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{H}}_{y2}\right), \quad \mathfrak{E}_{x2} = \mathfrak{E}_{y2} = 0,\\
&\mathfrak{H}_{y1} = \beta\left(\overline{\mathfrak{H}}_{y1} - \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{E}}_z\right) = \beta\left(-\overline{\mathfrak{H}}_{y2} - \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{E}}_z\right), \quad \mathfrak{H}_{x1} = \mathfrak{H}_{z1} = 0,\\
&\mathfrak{H}_{y2} = \beta\left(\overline{\mathfrak{H}}_{y2} - \frac{v}{c}\overline{\mathfrak{E}}_z\right), \quad \mathfrak{H}_{x2} = \mathfrak{H}_{z2} = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (7)$$

Beim Berechnen derjenigen ponderomotorischen Kraft, die den fiktiven Spannungen entspricht, denke man sich ein im Bezugssysteme (x, y, z, t) feststehendes Parallelepipedon, dessen Kanten den Koordinatenachsen parallel sind. Die der yz-Ebene parallelen Seitenflächen, deren Flächeninhalt der Flächeneinheit gleich sei, sollen zur betrachteten Zeit auf verschiedenen Seiten von der Scheibe liegen. Man braucht ja nur diejenigen Flächenkräfte zu berücksichtigen, die der Außenraum auf die letztgenannten Seitenflächen ausübt. Auf die der negativen x-Richtung zugekehrten Fläche üben die fiktiven Spannungen einen senkrechten Druck von der Größe

1) H. A. Lorentz, Enzykl. d. math. Wiss. V 14, S. 161.

$$\frac{1}{2}(\mathfrak{E}'_{z2}+\mathfrak{H}'_{y2}) = \frac{1}{2}\beta^2\Big\{\Big(1+\frac{v^2}{c^2}\Big)(\mathfrak{E}_z+\mathfrak{H}_{y2}) + 4\frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}\Big\}$$

aus. Auf die der positiven x-Richtung zugekehrten Seitenfläche wirkt in entgegengesetzter Richtung der Druck

$$\frac{1}{2}(\mathfrak{E}'_{z2}+\mathfrak{H}'_{y2}) = \frac{1}{2}\beta^2\Big\{\Big(1+\frac{v^2}{c^2}\Big)(\mathfrak{E}_z+\mathfrak{H}_{y2}) - 4\frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}\Big\}.$$

Die Resultierende dieser beiden Kräfte hat die x-Richtung und eine Größe

$$4\beta^2\frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}.$$

Das ist die ponderomotorische Kraft, die gemäß den fiktiven Spannungen auf die Materie innerhalb des Parallelepipedons ausgeübt wird. Hierzu tritt noch eine Kraft, die gleich ist der zeitlichen Abnahme der elektromagnetischen Bewegungsgröße innerhalb des Parallelepipedons. Für die Dichte $\mathfrak{g}$ der elektromagnetischen Bewegungsgröße (die Impulsdichte) gilt bekanntlich im leeren Raum der Ausdruck

$$\mathfrak{g} = \frac{1}{c}[\mathfrak{E}\mathfrak{H}].$$

In unserem Falle ist sie der x-Achse parallel. Auf der Seite der Scheibe, die durch den Index 1 gekennzeichnet ist, hat man

$$\mathfrak{g}_{x1} = -\frac{1}{c}\mathfrak{E}_{z1}\mathfrak{H}_{y1} = \frac{1}{c}\beta^2\Big\{\Big(1+\frac{v^2}{c^2}\Big)\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2} + \frac{v}{c}(\mathfrak{E}'_z+\mathfrak{H}'_{y2})\Big\},$$

und auf der anderen Seite

$$\mathfrak{g}_{x2} = -\frac{1}{c}\mathfrak{E}_{z2}\mathfrak{H}_{y2} = -\frac{1}{c}\beta^2\Big\{\Big(1+\frac{v^2}{c^2}\Big)\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2} - \frac{v}{c}(\mathfrak{E}'_z+\mathfrak{H}'_{y2})\Big\}.$$

Die Abnahme pro Zeiteinheit der elektromagnetischen Bewegungsgröße innerhalb des festen Parallelepipedons ist hiermit

$$-v(\mathfrak{g}_{x2}-\mathfrak{g}_{x1}) = -2\beta^2\frac{v}{c}\Big(1+\frac{v^2}{c^2}\Big)\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}.$$

Die fiktiven Spannungen und die Abnahme der elektromagnetischen Bewegungsgröße geben also zusammen eine nach der x-Achse gerichtete ponderomotorische Kraft

$$4\beta^2\frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2} - 2\beta^2\frac{v}{c}\Big(1+\frac{v^2}{c^2}\Big)\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2} = 2\frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}$$

pro Flächeneinheit der Scheibe, und wenn keine anderen Kräfte auf die Scheibe wirken, würde sie sich nicht gleichförmig bewegen. Denn auch nach der Mechanik von Minkowski verschwindet die Beschleunigung nur, wenn die ponderomotorische Kraft verschwindet (Geschwindigkeit kleiner als die Lichtgeschwindigkeit vorausgesetzt). Eine Beschleunigung läßt sich aber nicht durch Transformation auf ein anderes Raum—Zeit-Bezugssystem zum Verschwinden bringen, und da, vom überstrichenen System aus beurteilt, die Scheibe im Gleichgewicht ruht, so liegt ein Widerspruch mit den Gesetzen der Mechanik vor.

Dieser Widerspruch zeigt, daß die Berechnung der ponderomotorischen Kraft in einem der beiden Fälle auf unrichtige Voraussetzungen gegründet ist. In dem Falle der ruhenden Scheibe ist ja schon aus Symmetriegründen keine resultierende ponderomotorische Kraft denkbar, also liegt der Fehler bei dem Falle der Bewegung. Hiermit ist gezeigt,* daß für bewegte Körper die Berechnung der ponderomotorischen Kraft in angegebener Weise aus den fiktiven Spannungen und der elektromagnetischen Bewegungsgröße nicht gestattet ist.

Der Abrahamsche Ausdruck für die ponderomotorische Kraft leitet sich gerade in der angeführten Weise aus den Spannungen und der Bewegungsgröße ab. Was bewegte Körper betrifft, ist also seine Unvereinbarkeit mit der Mechanik Minkowskis bewiesen.

Um in dem betrachteten Falle der bewegten Scheibe als Resultierende Null zu erhalten, hat man sich zu der Kraft, die sich in gewöhnlicher Weise aus Spannungen und elektromagnetischer Bewegungsgröße berechnet, eine durch die Bewegung bedingte Zusatzkraft hinzugefügt zu denken. Diese Zusatzkraft muß der früher berechneten Resultierenden entgegengesetzt gleich sein, also pro Flächeneinheit berechnet die x-Komponente

$$-2\frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}$$

besitzen (y- und z-Komponente = 0). Wie groß ist diese Kraft pro Volumeneinheit berechnet? Die Dicke der Scheibe war vom überstrichenen Bezugssysteme aus beurteilt $2a$. Vom unüberstrichenen System aus betrachtet ist sie $\frac{1}{\beta}2a$, denn die Längendimensionen in der Bewegungsrichtung sind ja im Verhältnis $\frac{1}{\beta}$ verkürzt[1]). Pro Volumeneinheit hat man also die Zusatzkraft

$$-\beta\frac{v}{ca}\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}.$$

Vom überstrichenen Bezugssystem aus betrachtet war weiter die Stromdichte $\frac{c}{a}\mathfrak{H}_{y2}$, vom unüberstrichenen System aus beurteilt ist sie nach (5e) ebenso groß, also

1) A. Einstein, Ann. d. Phys. 17, 903, 1905; H. Minkowski, Raum und Zeit (Leipzig u. Berlin, 1909), S. 6.

$$\frac{c}{a}\,\bar{\mathfrak{H}}_{yz} = \bar{\mathfrak{J}}_z .$$

Da weiter

$$\bar{\mathfrak{E}}_z = \beta\left(\mathfrak{E}_z + \frac{v}{c}\,\mathfrak{B}_y\right)$$

(der Ausdruck in Klammern ist unabhängig von x), so hat man für die Zusatzkraft pro Volumeneinheit den Ausdruck

$$-\beta^2\,\frac{v}{c^2}\,\bar{\mathfrak{J}}_z\left(\mathfrak{E}_z + \frac{v}{c}\,\mathfrak{B}_y\right) = -\frac{1}{c^2}\,\frac{\mathfrak{v}_x}{1-\dfrac{\mathfrak{v}^2}{c^2}}\,\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}\,[\mathfrak{v}\mathfrak{B}]\right).$$

Dieser Ausdruck gilt für die bewegte Scheibe auch, wenn für dieselbe ε und μ von Eins verschieden sind. Wenn aber in einem elektromagnetischen Felde nur solche Medien vorkommen, für welche $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$, so gilt allgemein für die Zusatzkraft der Ausdruck

$$\mathfrak{K}^z = -\frac{1}{c^2}\,\frac{\mathfrak{v}}{1-\dfrac{\mathfrak{v}^2}{c^2}}\cdot\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}\,[\mathfrak{v}\mathfrak{B}]\right). \qquad (8)$$

Um dies einzusehen, ist zunächst zu beachten, welchen Bedingungen der Ausdruck für die ponderomotorische Kraft genügen muß, um mit der Mechanik Minkowskis vereinbar zu sein.

Die ponderomotorische Kraft wird ja definiert durch die Bewegung, die sie einer frei beweglichen Masse gibt. Wenn die x-Achse in die augenblickliche Bewegungsrichtung gelegt wird, lauten die Bewegungsgleichungen des materiellen Punktes nach der Mechanik Minkowskis [1])

$$\left.\begin{aligned}
\mathfrak{K}_x &= \frac{m}{\sqrt{1-\frac{1}{c^2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}}\,\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{m}{\sqrt{1-\frac{\mathfrak{v}^2}{c^2}}}\,\frac{d\mathfrak{v}_x}{dt},\\
\mathfrak{K}_y &= \frac{m}{\sqrt{1-\frac{1}{c^2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}}\,\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{m}{\sqrt{1-\frac{\mathfrak{v}^2}{c^2}}}\,\frac{d\mathfrak{v}_y}{dt},\\
\mathfrak{K}_z &= \frac{m}{\sqrt{1-\frac{1}{c^2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}}\,\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{m}{\sqrt{1-\frac{\mathfrak{v}^2}{c^2}}}\,\frac{d\mathfrak{v}_z}{dt},
\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

wobei $\mathfrak{K}$ die ponderomotorische Kraft ist, m die (unveränderliche) Masse des materiellen Punktes, und weiter

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{dx}{dt} = \mathfrak{v}_x, \quad \frac{dy}{dt} = \mathfrak{v}_y = 0, \quad \frac{dz}{dt} = \mathfrak{v}_z = 0,\\
&\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d\mathfrak{v}_x}{dt} = \frac{\partial\mathfrak{v}_x}{\partial t} + \mathfrak{v}_x\,\frac{\partial\mathfrak{v}_x}{\partial x},\\
&\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{d\mathfrak{v}_y}{dt} = \frac{\partial\mathfrak{v}_y}{\partial t} + \mathfrak{v}_x\,\frac{\partial\mathfrak{v}_y}{\partial x},\\
&\text{usw.}
\end{aligned}\right\} \qquad (9a)$$

1) H. Minkowski, Gött. Nachr. 1908, S. 107 u. 108. Vgl. auch A. Einstein, Ann. d. Phys. 17, 917 u. f., 1905; der Einsteinsche Kraftbegriff weicht doch von dem Minkowskischen ab.

Die Gleichungen (9) definieren die ponderomotorische Kraft durch die Bewegung, die sie hervorruft. Die Arbeitsleistung pro Zeiteinheit wird durch skalare Multiplikation von Kraft $\mathfrak{K}$ und Geschwindigkeit $\mathfrak{v}$ erhalten [1]).

Aus den Gleichungen (9) kann man ableiten, wie sich der Ausdruck für die ponderomotorische Kraft, beim Übergehen von einem Bezugssysteme zum anderen, transformieren muß. In der Elektrodynamik betrachtet man ja die ponderomotorische Kraft pro Volumeneinheit, diese Kraft soll im folgenden mit $\mathfrak{K}$ bezeichnet werden.

Von einem Bezugssysteme (x, y, z, t) aus beurteilt, sei am betrachteten Ort zur betrachteten Zeit die Geschwindigkeit $\mathfrak{v}$ gleich Null. Auf ein Volumenelement $d\omega$ wirkt die ponderomotorische Kraft $\mathfrak{K}\,d\omega$, und wenn die Masse, die das Volumenelement einschließt, mit dm bezeichnet wird, so geben die Gleichungen (9)

$$\mathfrak{K}_x\,d\omega = dm\,\frac{\partial\mathfrak{v}_x}{\partial t},$$

$$\mathfrak{K}_y\,d\omega = dm\,\frac{\partial\mathfrak{v}_y}{\partial t},$$

$$\mathfrak{K}_z\,d\omega = dm\,\frac{\partial\mathfrak{v}_z}{\partial t}.$$

Beim Übergehen zu einem Bezugssystem (x, y, z, t), das durch die Gleichungen (1) mit dem überstrichenen System verknüpft ist, hat man

$$d\bar{\omega} = \beta\,d\omega \qquad (10)$$

zu setzen, denn in diesem Maße werden die Längendimensionen in der Bewegungsrichtung verändert erscheinen. Aus (2) und (5t) ergibt sich so

$$\bar{\mathfrak{K}}_x\,d\bar{\omega} = \mathfrak{K}_x\beta\,d\omega = dm\,\beta\left\{\frac{\partial}{\partial t}\,\frac{\mathfrak{v}_x - v}{1-\dfrac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}} + v\,\frac{\partial}{\partial x}\,\frac{\mathfrak{v}_x - v}{1-\dfrac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}}\right\}$$

$$= dm\,\frac{1}{\beta\left(1-\dfrac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}\right)^2}\left\{\frac{\partial\mathfrak{v}_x}{\partial t} + v\,\frac{\partial\mathfrak{v}_x}{\partial x}\right\}.$$

Da $\mathfrak{v}_x = v$, $\mathfrak{v}_y = \mathfrak{v}_z = 0$, so hat man

$$\frac{1}{\beta} = \sqrt{1-\frac{\mathfrak{v}_x v}{c^2}} = \sqrt{1-\frac{\mathfrak{v}^2}{c^2}},$$

und es ergibt sich

$$\bar{\mathfrak{K}}_x\,\beta\,d\omega = \frac{dm}{\sqrt{1-\dfrac{\mathfrak{v}^2}{c^2}}}\,\frac{d\mathfrak{v}_x}{dt} = \mathfrak{K}_x\,d\omega .$$

In ähnlicher Weise sind die übrigen Kraftkomponenten zu behandeln, man erhält so die Beziehungen

$$\bar{\mathfrak{K}}_x = \frac{1}{\beta}\,\mathfrak{K}_x, \quad \bar{\mathfrak{K}}_y = \mathfrak{K}_y, \quad \bar{\mathfrak{K}}_z = \mathfrak{K}_z. \qquad (11)$$

1) H. Minkowski, Gött. Nachr. 1908, S. 108.

Diese Gleichungen gelten bei Transformation der ponderomotorischen Kraft pro Volumeneinheit aus dem Falle verschwindender Geschwindigkeit auf den Fall von Null verschiedener, nach der x-Achse gerichteter Geschwindigkeit $v_x = v$. Wenn ein Ausdruck für die ponderomotorische Kraft mit der Mechanik Minkowskis vereinbar sein soll, muß er sich in dieser Weise transformieren; das ist die gesuchte, notwendige Bedingung.

Es soll nun die im elektromagnetischen Felde wirkende ponderomotorische Kraft betrachtet werden, unter Voraussetzung, daß für die vorkommende Materie $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$ ist. Wenn in diesem Falle noch die Geschwindigkeit Null ist, geben die Ausdrücke von Minkowski[1], Abraham[2] und Einstein und Laub[3] alle dieselbe ponderomotorische Kraft; von einem Bezugssysteme (x, y, z, t) aus beurteilt, wenn also $v = 0$, ist sie

$$\mathfrak{K} = \mathfrak{E}\varrho + \frac{1}{c}[\mathfrak{J}\mathfrak{B}].$$

Wenn man ein neues Bezugssystem (x, y, z, t) einführt, das durch die Gleichungen (1) mit (x, y, z, t) verbunden ist, so hat man $v_x = v$, $v_y = v_z = 0$, und man erhält nach (5) für $\mathfrak{K}_x$

$$\begin{aligned}\mathfrak{K}_x &= \mathfrak{E}_x\varrho + \frac{1}{c}(\mathfrak{J}_y\mathfrak{B}_z - \mathfrak{J}_z\mathfrak{B}_y)\\ &= \mathfrak{E}_x\left(\frac{1}{\beta}\varrho - \beta\frac{v}{c^2}\mathfrak{J}_x\right) + \frac{1}{c}\left\{\mathfrak{J}_y\cdot\beta\left(\mathfrak{B}_z - \frac{v}{c}\mathfrak{E}_y\right)\right.\\ &\qquad \left. - \mathfrak{J}_z\cdot\beta\left(\mathfrak{B}_y + \frac{v}{c}\mathfrak{E}_z\right)\right\}\\ &= \frac{1}{\beta}\mathfrak{E}_x\varrho + \frac{1}{c}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)(\mathfrak{J}_y\mathfrak{B}_z - \mathfrak{J}_z\mathfrak{B}_y)\\ &\qquad - \beta\frac{v}{c^2}\left\{\mathfrak{J}_x\mathfrak{E}_x + \mathfrak{J}_y\left(\mathfrak{E}_y - \frac{v}{c}\mathfrak{B}_z\right)\right.\\ &\qquad \left. + \mathfrak{J}_z\left(\mathfrak{E}_z + \frac{v}{c}\mathfrak{B}_y\right)\right\}\end{aligned}$$

$$\mathfrak{K}_x = \frac{1}{\left|\begin{array}{l}\\ \\ \end{array}\right.}\left|\begin{array}{l}\mathfrak{E}_x\varrho + \frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]_x\\ \\ \qquad - \frac{1}{c^2}\frac{v_x}{1 - \frac{v^2}{c^2}}\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right)\end{array}\right|.$$

Für $\mathfrak{K}_y$ erhält man in derselben Weise

$$\begin{aligned}\mathfrak{K}_y &= \beta\left(\mathfrak{E}_y - \frac{v}{c}\mathfrak{B}_z\right)\left(\frac{1}{\beta}\varrho - \beta\frac{v}{c^2}\mathfrak{J}_x\right)\\ &\qquad + \frac{1}{c}\left\{\mathfrak{J}_z\mathfrak{B}_x - \beta\mathfrak{J}_x\cdot\beta\left(\mathfrak{B}_z - \frac{v}{c}\mathfrak{E}_y\right)\right\}\\ &= \left(\mathfrak{E}_y - \frac{v}{c}\mathfrak{B}_z\right)\varrho + \frac{1}{c}\left\{\mathfrak{J}_z\mathfrak{B}_x - \beta^2\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)\mathfrak{J}_x\mathfrak{B}_z\right\}\end{aligned}$$

$$\mathfrak{K}_y = \left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right)_y\varrho + \frac{1}{c}[\mathfrak{J}\mathfrak{B}]_y.$$

Diese Ausdrücke für die Komponenten von $\mathfrak{K}$, mit den Gleichungen (11) verglichen, zeigen, daß man für die ponderomotorische Kraft $\mathfrak{K}$ zu setzen hat

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{K} = &\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right)\varrho + \frac{1}{c}[\mathfrak{J}\mathfrak{B}]\\ &- \frac{1}{c^2}\frac{v}{1 - \frac{v^2}{c^2}}\cdot\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E} + \frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right),\end{aligned}\right| \quad (12)$$

damit sich dieser Ausdruck so transformiere, wie die Mechanik Minkowskis es fordert. Der gefundene Ausdruck für $\mathfrak{K}$ gilt, wenn $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$. Für diesen Fall geht auch der Ausdruck, den Minkowski für die ponderomotorische Kraft angibt, in den obigen über. Der Ausdruck Abrahams, der sich, wie gesagt, aus fiktiven Spannungen und elektromagnetischer Bewegungsgröße ableitet, wird sich für $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$ von (12) dadurch unterscheiden, daß er das letzte Glied nicht enthält. Dieses letzte Glied ist also in der Tat die in dem früheren Beispiele auftretende Zusatzkraft $\mathfrak{K}^z$.

Der Ausdruck Minkowskis für die ponderomotorische Kraft genügt allen Forderungen seiner Mechanik. Es scheint mir aber problematisch, ob man, mit Anwendung desselben, den Energiesatz für den allgemeinen Fall in befriedigender Weise formulieren kann[1]). Es ist sehr zu bedauern, daß eine nähere Behandlung des Energiesatzes in der Elektrodynamik von Minkowskis Seite nicht vorliegt.

Die Frage nach der ponderomotorischen Kraft in der Elektrodynamik Minkowskis muß also als noch nicht endgültig beantwortet angesehen werden.

Der früher behandelte Fall der bewegten Scheibe läßt noch einen wichtigen Schluß ziehen, nämlich was die Joulesche Wärme betrifft.

Wir betrachten die Vorgänge vom Bezugssystem (x, y, z, t) aus. Im leeren Raum hat man bekanntlich für den Energiestrom $\mathfrak{S}$ den Ausdruck[2])

$$\mathfrak{S} = c[\mathfrak{E}\mathfrak{H}],$$

sie ist in unserem Falle der x-Achse parallel, und hat auf der einen Seite der Scheibe den Wert

---

1) H. Minkowski, Gött. Nachr. 1908, S. 97.
2) M. Abraham, l. c., Gl. (60).
3) A. Einstein u. J. Laub, Ann. d. Phys. **26**, 541, 1908.

1) Vgl. G. Nordström, Die Energiegleichung für das elektromagn. Feld bewegter Körper (Dissertation, Helsingfors 1908), S. 139 u. 140. Wie das letzte Glied in Gl. (274a) zu deuten wäre, ist nicht zu sehen.
2) H. A. Lorentz, Enzykl. d. math. Wiss. V 14, S. 159.

$$\mathfrak{S}_{x1} = -c\,\mathfrak{E}_{z1}\mathfrak{H}_{y1} = c\beta^2\left\{\left(1+\frac{v^2}{c^2}\right)\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}} + \frac{v}{c}\left(\overline{\mathfrak{E}_z^2}+\overline{\mathfrak{H}_{y2}^2}\right)\right\};$$

auf der anderen Seite ist

$$\mathfrak{S}_{x2} = -c\,\mathfrak{E}_{z2}\mathfrak{H}_{y2} = -c\beta^2\left\{\left(1+\frac{v^2}{c^2}\right)\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}} - \frac{v}{c}\left(\overline{\mathfrak{E}_z^2}+\overline{\mathfrak{H}_{y2}^2}\right)\right\}.$$

Durch die Seitenflächen des früher erwähnten festen Parallelepipedons strömt also pro Zeiteinheit eine Energiemenge

$$\mathfrak{S}_{x1} - \mathfrak{S}_{x2} = 2c\beta^2\left(1+\frac{v^2}{c^2}\right)\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}}$$

hinein. Ein Teil hiervon erhöht den Energieinhalt im Parallelepipedon, der zweite Teil wird als Joulesche Wärme verbraucht. Die Energiedichte[1]) ist im leeren Raum auf der durch den Index 1 gekennzeichneten Seite der Scheibe

$$\frac{1}{2}(\mathfrak{E}_{z1}^2+\mathfrak{H}_{y1}^2),$$

und auf der anderen Seite

$$\frac{1}{2}(\mathfrak{E}_{z2}^2+\mathfrak{H}_{y2}^2).$$

Durch die Bewegung der Scheibe verändert sich der Energieinhalt des Parallelepipedons pro Zeiteinheit um

$$v\left\{\frac{1}{2}(\mathfrak{E}_{z1}^2+\mathfrak{H}_{y1}^2) - \frac{1}{2}(\mathfrak{E}_{z2}^2+\mathfrak{H}_{y2}^2)\right\} = 4\beta^2\frac{v^2}{c}\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}}.$$

Da, wie gezeigt, die Bewegung der Scheibe kräftefrei sein muß, und also keine Arbeitsleistung vorkommt, so gibt die Vermehrung des Energieinhaltes, von der einströmenden Energie abgezogen, die im Parallelepipedon entwickelte Joulesche Wärme an. Diese ist also pro Zeiteinheit

$$2c\beta^2\left(1+\frac{v^2}{c^2}\right)\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}} - 4\beta^2\frac{v^2}{c}\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}} = 2c\,\overline{\mathfrak{E}_z\mathfrak{H}_{y2}}.$$

Die Dicke der Scheibe ist (vom unüberstrichenen System aus betrachtet) gleich $\frac{1}{\beta}2a$. Das Volumen ω desjenigen Teiles der Scheibe, der innerhalb des Parallelepipedons fällt, ist also auch

$$\omega = \frac{1}{\beta}2a.$$

Weiter hat man (vgl. S. 685)

$$2c\,\overline{\mathfrak{H}_{y2}} = \beta\omega\,\mathfrak{J}_x,$$

$$\mathfrak{E}_x = \beta\left(\mathfrak{E}_x + \frac{v}{c}\mathfrak{B}_y\right);$$

also kann man den Ausdruck für die innerhalb des Parallelepipedons pro Zeiteinheit entwickelte Joulesche Wärme in der Form

$$\beta^2\omega\,\mathfrak{J}_x\left(\mathfrak{E}_x+\frac{v}{c}\mathfrak{B}_y\right),$$

schreiben. Auf die Volumeneinheit kommt also die Wärme

$$\beta^2\,\mathfrak{J}_x\left(\mathfrak{E}_x+\frac{v}{c}\mathfrak{B}_y\right),$$

was einem allgemeinen Ausdruck

$$Q = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}\,\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E}+\frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right) \qquad (13)$$

für die Joulesche Wärme Q pro Volumen- und Zeiteinheit entspricht.

In der Tat erhält man in dem Falle, daß der Ausdruck (12) für die ponderomotorische Kraft gültig ist, also wenn $\varepsilon = 1$, $\mu = 1$, den Energiesatz in der Form

$$-\operatorname{div} c[\mathfrak{E}\mathfrak{H}] - \frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{1}{2}\mathfrak{E}\mathfrak{D}+\frac{1}{2}\mathfrak{H}\mathfrak{B}\right\} = v\mathfrak{K} + \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}\,\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E}+\frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right)$$

(vgl. G. Nordström, l. c., Gl. (274a), S. 140), und hier drückt das letzte Glied gerade die Joulesche Wärme aus.

In bezug auf die Bedeutung des Ausdrucks (13) ist eine von Einstein gemachte Behauptung zu erwähnen. Nach Einstein[1]) vergrößert sich die Masse eines Körpers um $\frac{1}{c^2}W$, wenn ihm die Wärmemenge W zugeführt wird; dadurch wird die kinetische Energie um $W\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-1\right)$ vergrößert. Hiernach würde Q in Gl. (13) die gesamte Energieerhöhung, also die Summe von Wärmezufuhr und hierdurch bedingte Vergrößerung der kinetischen Energie angeben. Die Wärmezufuhr allein würde

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\,\mathfrak{J}\left(\mathfrak{E}+\frac{1}{c}[v\mathfrak{B}]\right)$$

betragen.

1) H. A. Lorentz, Enzykl. d. math. Wiss. V 14, S. 159.

1) A. Einstein, Ann. d. Phys. **18**, 639, 1905.

(Eingegangen 28. August 1909.)

Versuch einer Erweiterung des Gesetzes der korrespondierenden Zustände.

Von Hans Happel.

Bekanntlich ist nach der Clausius-Mosottischen Theorie

$$\frac{\delta}{4v} = \frac{K-1}{K+2}, \qquad (1)$$

wo K die Dielektrizitätskonstante, $\frac{b}{4}$ das Volumen aller in der Masseneinheit enthaltenen Moleküle und v das spezifische Volumen bedeutet. Die Theorien der Dispersion führen zwar nicht genau zu der Formel (1), aber doch zu einer Beziehung, die eine gewisse Ähnlichkeit mit (1) hat[1]). Bei der Prüfung von (1) fand ich[2]), daß, falls man K nach der Maxwellschen Beziehung $K = n^2$ [n = Brechungsexponent] bestimmt, der nach (1) für Argon, Krypton und Xenon erhaltene Wert für b sehr verschieden ist von dem in anderer und sicherer Weise für b berechneten Betrag. Die aus (1) sich ergebende Relation

$$\frac{K-1}{K+2} v = \text{Konst.} \qquad (2)$$

scheint für diejenigen Stoffe, für die $K = n^2$ ist, zwar nicht genau, aber doch in roher Annäherung zuzutreffen[3]). Dagegen sind für solche Substanzen, für die $K \neq n^2$ ist, beträchtliche Abweichungen von (2) gefunden.

Trotzdem wollen wir zunächst an (1) anknüpfen, um eine Folgerung daraus zu ziehen. Da nämlich für solche Körper, die miteinander korrespondieren, $\frac{b}{v} = \frac{b}{v_k}\frac{v_k}{v}$ [v_k = spezifisches kritisches Volumen] unter entsprechenden Umständen gleich groß ist, so muß dasselbe auch von der rechten Seite von (1) gelten, d. h. Stoffe, die miteinander korrespondieren, haben gleiche Dielektrizitätskonstante unter entsprechenden Umständen. Es könnte scheinen, daß diese Folgerung wegen der Einwände gegen (1) keine Bedeutung hätte; indessen ergibt sich genau derselbe Satz, wenn man statt von (1) von der allgemeineren und bis jetzt in keiner Weise widerlegten Gleichung

$$\varphi\left(\frac{b}{v}, \frac{T}{T_k}\right) = \frac{K-1}{K+2} \qquad (3)$$

ausgeht, in der φ eine universelle Funktion von $\frac{b}{v}$ und der reduzierten Temperatur $t = \frac{T}{T_k}$ [T_k = absolute kritische Temperatur] ist.

Man kann jedoch nicht erwarten, daß die aus (1) bzw. (3) gezogene Folgerung in der allgemeinen Form, in der wir sie aussprachen, zutrifft. Bekanntlich hat Kamerlingh Onnes[4]) das Gesetz der korrespondierenden Zustände aus sehr allgemeinen Annahmen abgeleitet, er zeigte, daß, falls sie erfüllt sind, zwei verschiedene Substanzen sich in bezug auf alle thermischen und mechanischen Eigenschaften ganz analog verhalten müssen, so daß die eine gleichsam als Abbild der anderen angesehen werden kann. Trifft dies nun auch für elektrische Eigenschaften zu? Vom Standpunkt der Dispersionstheorie können wir die Körper in 2 Klassen einteilen, zur ersten gehören alle diejenigen, für welche die Maxwellsche Beziehung $K = n^2$ wenigstens genähert zutrifft, zur zweiten dagegen rechnen wir alle Substanzen, für die $K \neq n^2$ ist. Die Stoffe der ersten Klasse haben im Ultraroten keine Eigenschwingungen, wenigstens keine, die eine merkbare Rolle spielen; bei der zweiten Klasse dagegen treten im Ultraroten Eigenschwingungen auf. Diese werden durch Schwingungen des ganzen Moleküls oder eines Teils desselben hervorgebracht[1]). Da nun der Wert der Dielektrizitätskonstanten mit bedingt ist durch diese Eigenschwingungen des Moleküls (denn es haben alle diejenigen Körper, die solche Eigenschwingungen besitzen, eine besonders hohe Dielektrizitätskonstante), und für die Gleichheit der Größe K unter entsprechenden Umständen beide Substanzen mechanisch ähnlich sein müssen, so werden wir nur dann erwarten dürfen, daß zwei miteinander korrespondierende Stoffe unter entsprechenden Umständen gleiche Dielektrizitätskonstante haben, falls beide keine merklichen Eigenschwingungen im Ultraroten aufweisen, falls also für beide wenigstens genähert $K = n^2$ ist. Dagegen gilt der Satz nicht, falls für den einen Körper $K = n^2$ ist, und für den andern diese Beziehung nicht zutrifft. Ist für beide Substanzen $K \neq n^2$, so wird der Satz wenigstens im allgemeinen ebenfalls nicht anwendbar sein. Da die Dielektrizitätskonstante vom Bau des Moleküls und der Zahl der Freiheitsgrade im Moleküle abhängig zu sein scheint, so ist für die Gültigkeit unserer Folgerung noch wesentlich, daß das Verhältnis der spezifischen Wärmen, das ebenfalls von der Zahl der Freiheitsgrade abhängt, unter korrespondierenden Umständen für die verschiedenen Stoffe dasselbe ist. Bekanntlich muß diese Bedingung auch bei der Anwendung des Gesetzes der korrespondierenden Zustände auf die meisten thermischen und mechanischen Eigenschaften erfüllt sein[2]). Natürlich kann unsere Folgerung nur genähert zutreffen, schon aus dem Grunde, weil das gleiche für das Gesetz der korrespondierenden Zustände gilt.

Bevor wir zur Prüfung unserer Folgerung übergehen, sei daran erinnert; daß das Gesetz

1) P. Drude, Lehrbuch der Optik, 2. Aufl. S. 362.
2) H. Happel, Ann. d. Phys. **21**, 342 (insbes. S. 369 u. 370), 1906.
3) K. Tangl, Ann. d. Phys. **10**, 748, 1903; **26**, 59, 1908; K. Bädeker, Zeitschr. f. phys. Chemie **36**, 305, 1901; F. Linde, Wiedem. Ann. **21**, 528, 1897; F. Hasenoehrl, Comm. from the phys. laborat. Leiden **52**, 3, 1899.
4) H. Kamerlingh Onnes, Archives Néerland. **30**, 101, 1897.

1) P. Drude, l. c.
2) Siehe H. Kamerlingh Onnes, Comm. from the phys. laborat. Leiden Nr. 23.

der korrespondierenden Zustände aussagt, daß die reduzierten Isothermen und Grenzkurven der meisten drei- und noch mehratomigen Stoffe, als deren Repräsentant wir Äther wählen, genähert zusammenfallen. Das nämliche gilt für die meisten oder möglicherweise gar für alle zweiatomigen Substanzen und es trifft endlich auch für die einatomigen Körper Argon, Krypton, Xenon und Quecksilber zu. Dagegen fallen die reduzierten Isothermen und Grenzkurven eines ein- und eines zweiatomigen Stoffs nicht zusammen, wenigstens nicht im ganzen Zustandsgebiet. Das gleiche gilt, wenn wir einen Körper der Äthergruppe mit einer zwei- oder einer einatomigen Substanz vergleichen. Zeichnet man die reduzierte Dampfdruckkurve (den reduzierten Dampfdruck $\mathfrak{p}$ als Funktion der reduzierten Temperatur $\mathfrak{t}$), so differiert diese Linie für die einatomigen Stoffe recht beträchtlich von der für die Stoffe der Äthergruppe. Die $\mathfrak{pt}$-Kurve der zweiatomigen Substanzen liegt zwischen denjenigen der beiden anderen Gruppen [1]). Unter allen Stoffen der Äthergruppe scheinen wenigstens in mancher Hinsicht Kohlensäure und Stickoxydul und möglicherweise auch die übrigen dreiatomigen Körper in ihrem Verhalten zum Gesetz der korrespondierenden Zustände denjenigen der zweiatomigen Substanzen am nächsten zu kommen [2]).

Wir betrachten nun zunächst die 4 Stoffe Benzol, Tetrachlorkohlenstoff, Kohlensäure und Stickoxydul, diese gehören sämtlich zur Äthergruppe und korrespondieren genähert miteinander; für Stickoxydul folgt dies aus den Beobachtungen von Villard, für die andern Körper ist es bereits bekannt. Die Dielektrizitätskonstante der 4 Substanzen findet man in der folgenden Tabelle angegeben, für Benzol benutzen wir

	t	K	t	n^2
Tetrachlorkohlenstoff	18	2,246	12,3	2,15
Benzol	18	2,29	16	2,26
Kohlensäure	15,5	1,530	15,5	1,42
Stickoxydul	14,5	1,522	15	1,43

wir hier und im folgenden die Beobachtungen von Tangl [3]), für Tetrachlorkohlenstoff die von Turner [4]) und für Stickoxydul und Kohlensäure die von Linde [5]). Tangl hat auch die Abhängigkeit der Größe K von der absoluten Temperatur T bestimmt, in geringerem Maße gilt dies auch für die Beobachtungen von Linde mit Kohlensäure und Stickoxydul, während bei Tetrachlorkohlenstoff über die Veränderung von K mit T nichts bekannt ist. Die Werte der Tabelle für die Brechungsexponenten n bzw. ihre Quadrate sind dem Werke von Landolt und Börnstein entnommen. Die gewöhnliche Temperatur t, auf die sich die betreffenden Daten beziehen, ist jedesmal in der Tabelle angegeben. Es genügt, wenn wir uns bei der Vergleichung der Dielektrizitätskonstanten auf gleiche reduzierte Temperatur beschränken, denn die Zustände, auf die sich die Beobachtungen über K und n beziehen, liegen auf dem flüssigen Zweig der Grenzkurve oder weichen wenigstens davon nur wenig ab. Wie man sieht, ist die Beziehung $K = n^2$ genähert erfüllt, allerdings sind für denselben Stoff die Werte für K und n^2 nicht immer genau auf dieselbe Temperatur bezogen, dies ist jedoch auch nicht nötig, da sich bei Flüssigkeiten von hoher kritischer Temperatur der Brechungsexponent bei Temperaturveränderungen von wenigen Graden so gut wie gar nicht ändert, in Übereinstimmung mit der Formel $\frac{n^2-1}{n^2+2} v = \text{konst.}$

Wir wollen nun die Dielektrizitätskonstante unter korrespondierenden Umständen vergleichen. In der folgenden Tabelle findet man für die 4 Stoffe die Werte von T_k angegeben, bei den 2 ersten ist die Vergleichung bei der reduzierten Temperatur $t = 0{,}524$ vorgenommen, bei den letzten 2 dagegen bei $t = 0{,}921$ und $t = 0{,}875$, man findet ferner jedesmal für jede Substanz die der betreffenden reduzierten Temperatur entsprechende absolute Temperatur angegeben.

Tetrachlorkohlenstoff	Benzol
$T_k = 556{,}15$	$T_k = 561{,}5$
$t = 0{,}524$	
$T = 273 + 18$	$T = 273 + 21$
$K = 2{,}246$	$K = 2{,}28$
Kohlensäure	**Stickoxydul**
$T_k = 304{,}4$	$T_k = 311{,}8$
$t = 0{,}921$	
$T = 273 + 8$	$T = 273 + 14{,}5$
$K = 1{,}55$	$K = 1{,}522$
$t = 0{,}875$	
$T = 273 - 6{,}5$	$T = 273$
$K = 1{,}61$	$K = 1{,}60$

Wie man sieht, ist bei gleichem t auch K für beide Körper gleich groß; indessen will diese gute Übereinstimmung wenig bedeuten, zumal die kritischen Temperaturen der miteinander verglichenen Stoffe stets wenig differieren. Bestimmen wir bei gleichem t die Dielektrizitätskonstante für Benzol, Stickoxydul und den zweiatomigen Sauerstoff, und zwar jedesmal für den flüssigen auf der Grenzkurve gelegenen Zustand, so werden wir nach dem

1) H. Happel, Ann. d. Phys. **13**, 340, 1904; diese Zeitschr. **8**, 204, 1907.

2) Dies trifft z. B. zu für den Wert von $\frac{RT_k}{p_k v_k}$ [R = Gaskonstante]. Siehe J. P. Kuenen, Die Zustandsgleichung der Gase u. Flüssigkeiten, Braunschweig 1907, S. 60.

3) K. Tangl, l. c.

4) Turner, siehe Tabellenwerk von Landolt u. Börnstein.

5) F. Linde, l. c.

früher Gesagten erwarten dürfen, daß K für Stickoxydul zwischen dem K der beiden anderen Substanzen liegt, aber der Wert von K für Stickoxydul wird sich dem K für Benzol mehr nähern als dem K für Sauerstoff, denn diese 3 Körper zeigen in bezug auf das Verhältnis der spezifischen Wärmen und wahrscheinlich auch hinsichtlich des Gesetzes der korrespondierenden Zustände ein analoges Verhalten. Für Sauerstoff und Stickoxydul hat Hasenoehrl[1]) die Dielektrizitätskonstante bestimmt, und zwar jedesmal beim Siedepunkt der betreffenden Substanz. In der folgenden Tabelle sind die K-Werte für beide sowie für Benzol angegeben, man findet ferner die zu dem betreffenden K gehörige reduzierte Temperatur t, sowie die ihr entsprechende absolute Temperatur T. Die kritische Temperatur von Sauerstoff wurde nach Olszewski zu $T_k = 154.2$ angenommen, die der zwei anderen Stoffe ist bereits in der vorigen Tabelle angegeben. Da über die Abhängigkeit der Größe K bei Sauerstoff und Stickoxydul in dem hier in Betracht kommenden Temperaturgebiet keine Beobachtungen vorliegen, so konnte die Vergleichung nicht genau bei demselben t erfolgen, doch sind die Unterschiede in dem t-Werte so gering, daß wir wohl davon absehen können.

Sauerstoff	Stickoxydul
$t = 0{,}587$	$t = 0{,}581$
$T = 90{,}5$ (Siedepunkt	$T = 181$ (Siedepunkt)
$K = 1{,}465$	$K = 1{,}933$

Benzol

$t = 0{,}587$
$T = 273 + 57$
$K = 2{,}215$

Der Unterschied der K-Werte der 2 ersten Körper, bezogen auf den Mittelwert $\frac{1{,}465 + 1{,}933}{2}$, beträgt 0,28, während die entsprechende Differenz der 2 letzten Zahlen für K nur 0,14 beträgt. Wie man sieht, verhalten sich die Dielektrizitätskonstanten der 3 Stoffe so, wie wir es auf Grund unseres Satzes erwarteten; die kritischen Temperaturen der drei Substanzen sind sehr verschieden.

Da bei $t = 0{,}587$ K für Benzol etwas größer ist als K für Stickoxydul, so ist zu vermuten, daß das gleiche auch längs der Grenzkurve bis hin zu etwas größerem t zutrifft. Für Benzol ist nun bei $T = 273 + 182$ oder $t = 0{,}810$, der höchsten Temperatur, bis zu der sich die Beobachtungen erstrecken, $K = 1{,}966$; andererseits ist für Stickoxydul bei $T = 273 - 6$ oder $t = 0{,}856$, der tiefsten Temperatur, bis zu der sich die Beobachtungen von Linde erstrecken, $K = 1{,}643$. Berechnet man nun für Benzol nach der Clausius-Mosottischen Formel den Wert für K bei $t = 0.856$ aus der beobachteten Zahl bei $t = 0{,}810$, so folgt, falls man annimmt, daß für die Grenzkurve die Werte von v bei $t = 0{,}856$ und $t = 0{,}810$ sich wie 1,067 : 1 verhalten [dies Verhältnis dürfte für die mit Äther korrespondierenden Stoffe zutreffen], $K = 1{,}89$ bei $t = 0{,}856$. Dieser Wert ist in der Tat etwas größer als die für dasselbe t für Stickoxydul zutreffende Zahl.

Wir wollen nun die Substanzen ins Auge fassen, für die Nernst[1]) die Dielektrizitätskonstante bestimmt hat. Es kommen hier nur die in Betracht, für die die Maxwellsche Relation $K = n^2$ genähert erfüllt ist, es sind dies die, welche in der Tabelle auf S. 659 (l. c.) zusammengestellt sind. Daß für sie mit Ausnahme von Diamyl und Diamylen K und n^2 genähert gleich sind, haben bereits Landolt und Jahn[2]) gezeigt; die beiden ebengenannten Körper müssen wir sowieso ausschließen, da ihre kritischen Daten zu wenig bekannt sind. Wir müssen uns nun zunächst über das Verhalten der übrigbleibenden 13 Stoffe zum Gesetz der korrespondierenden Zustände orientieren. Für Benzol ist es, wie schon erwähnt, bekannt, daß es zur Äthergruppe gehört. Das Verhalten der gesättigten normalen Kohlenwasserstoffe von der Form C_nH_{2n+2}, wozu Hexan und Oktan gehören, ist von S. Young sowie von Kuenen und Robson[3]) untersucht. Zeichnet man die reduzierte Dampfdruckkurve (der reduzierte Dampfdruck $\mathfrak{p}$ als Funktion der reduzierten Temperatur t) für Äthan, n-Pentan, n-Hexan und n-Oktan (für die übrigen hierher gehörigen Körper ist die $\mathfrak{p}$t-Kurve noch nicht oder noch zu wenig bekannt), so fallen diese Linien nicht sämtlich genähert zusammen — wie dies der Fall wäre, wenn das Gesetz der korrespondierenden Zustände ausnahmslos gälte — sondern sie lagern sich entsprechend der Größe des Molekulargewichts nebeneinander an, die Kurve für n-Pentan beispielsweise liegt also zwischen der für Äthan und n-Hexan, die $\mathfrak{p}$t-Linien für n-Pentan und n-Hexan korrespondieren übrigens mit denjenigen der Stoffe der Äthergruppe, die für Äthan weicht nach der einen Seite ab und die für n-Oktan nach der anderen. Für die übrigen Substanzen, deren Dielektrizitätskonstante uns jetzt interessiert, ist die $\mathfrak{p}$t-Kurve entweder gar nicht oder nur zum geringen Teil bekannt, die Siedepunkte dagegen sind von Landolt und Jahn[4]) bestimmt. Ich habe die zugehörige

1) F. Hasenoehrl, l. c.

1) W. Nernst, Zeitschr. f. phys. Ch. **14**, 622, 1894.
2) H. Landolt u. H. Jahn, Zeitschr. f. phys. Ch. **10**, 289, 1892.
3) J. P. Kuenen u. Robson, Phil. Mag. **3**, 6. Serie, 622, 1902.
4) H. Landolt u. H. Jahn, l. c.

reduzierte Temperatur sowie den reduzierten Druck mittels der im Tabellenwerk von Landolt und Börnstein angegebenen kritischen Daten berechnet. Die so erhaltenen Wertepaare pt fallen nahe mit der pt-Kurve der Stoffe der Äthergruppe zusammen, vermutlich trifft also das Gesetz der korrespondierenden Zustände zu.

Wir wollen nun die Dielektrizitätskonstanten unter entsprechenden Umständen vergleichen, wir beschränken uns dabei auf gleiche reduzierte Temperatur, da die kritischen Drucke wenigstens der Größenordnung nach gleich sind und die Größe K sich für Flüssigkeiten bei kleinen Druckunterschieden wahrscheinlich kaum merklich ändert, entsprechend der Formel (2). Nernst hat für keine der untersuchten Substanzen die Abhängigkeit der Größe K von T bestimmt, sondern seine Messungen stets bei 17° oder $T = 290°$ ausgeführt, wir wollen daher im folgenden für Benzol und Metaxylol nicht die Nernstschen Werte, sondern die von Tangl benutzen, der für beide Stoffe auch die Abhängigkeit von T ermittelte. Die Beobachtungen beider Physiker bei Zimmertemperatur stimmen befriedigend überein. Wir vergleichen im folgenden Hexan, Oktan und Toluol sowohl mit Benzol als auch mit Metaxylol, wir brauchen dabei die Formeln von Tangl über die Beziehung zwischen K und T nicht zu extrapolieren. Die übrigen Substanzen vergleichen wir, um die übrigens nicht starke Extrapolation zu vermeiden, nur mit Metaxylol, bei Pseudokumol ist jedoch auch Benzol berücksichtigt. Im folgenden haben wir jedesmal die reduzierte Temperatur t angegeben, sowie die zugehörigen Werte von T und K.

	T	t	K
n-Hexan	290	0,571	1,88
Benzol	321	0,571	2,23
Metaxylol	353	0,571	2,26
n-Oktan	290	0,510	1,95
Benzol	286	0,510	2,30
Metaxylol	315	0,510	2,34
Toluol	290	0,490	2,36
Metaxylol	302	0,490	2,36
Orthoxylol	290	0,460	2,57
Metaxylol	284	0,460	2,40
Paraxylol	290	0,470	2,25
Metaxylol	290	0,470	2,38
Äthylbenzol	290	0,469	2,42
Metaxylol	290	0,469	2,38
Isopropylbenzol	290	0,456	2,37
Metaxylol	282	0,456	2,40
Propylbenzol	290	0,455	2,38
Metaxylol	281	0,455	2,40
Isobutylbenzol	290	0,440	2,35
Metaxylol	276	0,446	2,41
Cymol	290	0,445	2,25
Metaxylol	275	0,445	2,42
Pseudokumol	290	0,444	2,42
Metaxylol	274	0,444	2,42
Benzol	249	0,444	2,36

Sehen wir zunächst von *n*-Hexan und *n*-Oktan ab, so erkennt man, daß bei gleichem t die Werte für K für verschiedene Stoffe gleich sind, freilich gilt dies nur genähert, aber wir konnten auch nicht mehr erwarten, wie früher schon erwähnt. Die kritischen Temperaturen der miteinander verglichenen Substanzen sind zwar durchweg nicht sehr verschieden, aber hin und wieder kommen doch nicht unbeträchtliche Unterschiede vor; so ist z. B. für Benzol $T_k = 561{,}5$, während für Propylbenzol $T_k = 638{,}6$ ist, und für Pseudokumol beträgt T_k gar 654,2. Auch Amylen, für das Landolt und Jahn die Dielektrizitätskonstante ermittelten, fügt sich dem ausgesprochenen Satze. Die Messung von K geschah bei $T = 289$ oder $t = 0{,}607$, der zugehörige Wert für K ist 2,20, während bei dem gleichen t für Metaxylol $K = 2{,}22$ ist. Die Übereinstimmung ist gut, obwohl die kritischen Temperaturen stark differieren, für Amylen ist $T_k = 476$, während für Metaxylol $T_k = 618{,}6$ ist. Die Relation $K = n^2$ gilt in roher Annäherung für Amylen, wie Landolt und Jahn zeigten, über das Verhalten zum Gesetz der korrespondierenden Zustände dagegen läßt sich bei Amylen wegen mangelnden Beobachtungsmaterials mit Sicherheit nichts aussagen.

Was Hexan und Oktan betrifft, so fügen sich diese Stoffe unserem Satze nur in sehr roher Annäherung. Man muß jedoch bedenken, daß beide zu einer Klasse von Körpern gehören, nämlich den normalen gesättigten Kohlenwasserstoffen, die ein eigenartiges Verhalten zum Theorem der übereinstimmenden Zustände einnehmen.

Wir wollen jetzt unsere Folgerung an Gasen prüfen, und zwar betrachten wir zunächst miteinander korrespondierende Stoffe, die mehr als 3 Atome im Molekül enthalten. Es kommen hier nur Benzol und Tetrachlorkohlenstoff in Betracht, für die Bädeker[1]) die Dielektrizitätskonstante gemessen hat. In der folgenden Tabelle findet man für beide Substanzen die Werte von K angegeben, und zwar für den Druck $p = 1$ Atm. und $T = 273 + 110 = 383$. Ich habe ferner für denselben Zustand das Quadrat des Brechungsexponenten n (gelb) mittels der Formel $\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} v = \frac{n_0^2 - 1}{n_0^2 + 2} v_0 = \text{konst.}$ berechnet, wobei n_0 der dem Tabellenwerk von Landolt und Börnstein entnommene Wert von n für 1 Atm. und 0° ist; das zugehörige Volumen v_0 läßt sich ebenso wie das Volumen v aus dem Mariotte-Gay Lussacschen Gesetz berechnen. Bei Benzol liegen 2 nicht gut übereinstimmende Angaben über n_0 vor, die Max-

1) K. Bädeker, siehe Tabellenwerk von Landolt und Börnstein.

wellsche Relation scheint jedoch für beide Substanzen genähert zuzutreffen.

	K für 1 Atm. und $T = 383$	n^2 für 1 Atm. und $T = 383$
Benzol	1,00292	{ 1,00260 / 1,00242 }
Tetrachlorkohlenstoff	1,00304	1,00254

Wir wollen jetzt K unter übereinstimmenden Zuständen vergleichen. In der folgenden Tabelle findet man außer den kritischen Daten T_k, p_k und den reduzierten Größen t, p noch die ihnen entsprechenden Werte von T und p für jeden Stoff angegeben. Bei Benzol geschah die Umrechnung des beobachteten Wertes von K auf den Wert von K für den Zustand Tp mittels des von Bädeker beobachteten Temperaturkoeffizienten und der Clausius-Mosottischen Gleichung, die hier nur für die Druckänderung bei konstantem T benutzt wurde.

Benzol	Tetrachlorkohlenstoff
$T_k = 561{,}5$	$T_k = 556{,}15$
$p_k = 47{,}9$ Atm.	$p_k = 45{,}0$ Atm.
t = 0,689	
p = 0,02224	
$T = 386$	$T = 383$
$p = 1{,}063$ Atm.	$p = 1$ Atm.
$K = 1{,}00308$	$K = 1{,}00304$

Die Übereinstimmung ist recht gut.

Wir betrachten jetzt die dreiatomigen Gase Kohlensäure und Stickoxydul. Daß für beide die Maxwellsche Beziehung $K = n^2$ genähert zutrifft, darf als bekannt angenommen werden. In der folgenden Tabelle vergleichen wir die Dielektrizitätskonstanten der ebengenannten Körper und die für Benzol und Tetrachlorkohlenstoff. Die reduzierte Temperatur, bei der dies geschieht, ist t = 0,876. Bei Benzol beträgt die höchste Temperatur, bis zu der sich Bädekers Messungen erstrecken, $T = 413$ oder t = 0,735. Aus dem zugehörigen Wert von K wurde K für die Vergleichstemperatur mittels der Clausius-Mosottischen Gleichung bestimmt. In analoger Weise verfuhren wir bei Tetrachlorkohlenstoff, wobei die Messungen ebenfalls bis $T = 413$ reichen. Bei Stickoxydul liegen ebenso wie bei Kohlensäure keine Beobachtungen über die Abhängigkeit der Größe K von T vor, die Umrechnung auf die Vergleichstemperatur geschah mit der Clausius-Mosottischen Formel.

Benzol	Tetrachlorkohlenstoff
$T_k = 561{,}5$	$T_k = 556{,}15$
$p_k = 47{,}9$ Atm.	$p_k = 45{,}0$
t = 0,876	
p = 0,01291	
$T = 492$	$T = 488$
$p = 0{,}619$ Atm.	$p = 0{,}581$ Atm.
$K = 1{,}001343$	$K = 1{,}001303$
$K = (1{,}001290)$	$K = (1{,}001230)$
Stickoxydul	Kohlensäure
$T_k = 311{,}8$	$T_k = 304.4$
$p_k = 77{,}5$	$p_k = 72.9$
t = 0,876	
p = 0,01291	
$T = 273$	$T = 267$
$p = 1$ Atm.	$p = 0{,}941$ Atm.
$K = 1{,}000994$ (B)	$K = 1{,}000913$ (B)
$K = 1{,}001158$ (Kl)	$K = 1{,}000949$ (Kl)

Bei Stickoxydul und Kohlensäure ist die Übereinstimmung nicht schlecht, falls man die Boltzmannschen Daten, also die mit (B) bezeichneten, benutzt; für die Angaben von Klemencic, denen ein (Kl) beigefügt ist, trifft der Satz nur in recht roher Annäherung zu. Die berechneten Zahlen bei Benzol und Tetrakohlenstoff sind mit einiger Vorsicht hinzunehmen, da der von Bädeker experimentell bestimmte Temperaturkoeffizient nicht übereinstimmt mit dem, der sich aus der Clausius-Mosottischen Formel berechnet und somit bei den beiden Substanzen Zweifel bezüglich der Anwendbarkeit dieser Gleichung bestehen. Ich habe daher bei Benzol und Tetrachlorkohlenstoff K auch in der Weise berechnet, daß ich die Bädekersche Formel über die Beziehung zwischen K und T, die eigentlich nur bis $T = 413$ gültig ist, bis $T = 433$ benutzte und dann erst die Clausius-Mosottische Gleichung anwandte. Die so erhaltenen Zahlen sind in Klammern gesetzt. Während die ausgesprochene Regel für die ebengenannten Stoffe einerseits ebenso wie für Stickoxydul und Kohlensäure andererseits genähert gültig ist, scheint zwischen den zwei ersten Substanzen und den zwei anderen nur eine sehr rohe Übereinstimmung vorhanden zu sein. Doch können wir auf Grund des ausgesprochenen Satzes nicht mehr verlangen, da höchstwahrscheinlich das Verhältnis der spezifischen Wärmen nicht das gleiche ist. Es wäre jedenfalls wünschenswert, Beobachtungen über K bei Benzol und Tetrachlorkohlenstoff bei noch höheren Temperaturen anzustellen, als dies Bädeker tat.

Da K für die dreiatomigen Gase unter korrespondierenden Umständen etwas kleiner ist als für Benzol und Tetrachlorkohlenstoff, so ist zu vermuten, daß es für die zweiatomigen Gase noch kleiner ist als für die dreiatomigen. Wir wollen dies jetzt prüfen und außerdem zusehen, ob unser Satz auch auf zweiatomige Stoffe anwendbar ist. Von diesen kommen hier nur Kohlenoxyd, Sauerstoff und Stickstoff in Betracht. Wasserstoff müssen wir ausschließen, da seine kritischen Daten zu ungenau bekannt

sind und außerdem sein Verhalten zum Gesetz der korrespondierenden Zustände nicht genügend geklärt ist. Für Sauerstoff ist zwar K nicht bestimmt, Dewar und Fleming sowie Bädeker[1]) behaupten aber, daß die Dielektrizitätskonstante für Sauerstoff nur sehr wenig abweicht von der für Luft, wir setzen daher im folgenden für Sauerstoff bei $T = 273$ und $p = 1$ Atm. $K = 1{,}000576$, was dem von Tangl für Luft erhaltenen Werte entspricht. Auch für Stickstoff benutzen wir den Wert von Tangl. Wir wollen nun für Kohlenoxyd, Sauerstoff und Stickstoff K unter korrespondierenden Umständen vergleichen; die Beziehung $K = n^2$ trifft für alle 3 Substanzen zu.

Kohlenoxyd	Sauerstoff
$T_k = 133{,}5$	$T_k = 154{,}2$
$p_k = 35{,}5$ Atm.	$p_k = 50{,}8$ Atm.
$t = 2{,}044$	
$\mathfrak{p} = 0{,}0282$	
$T = 213$	$T = 316$
$p = 1$ Atm.	$p = 1{,}43$ Atm.
$K = 1{,}000690$ (B)	$K = 1{,}000712$
$K = 1{,}000694$ (Kl)	

Stickstoff	Kohlensäure
$T_k = 127$	$T_k = 304{,}4$
$p_k = 35{,}0$ Atm.	$p_k = 72{,}9$ Atm.
$t = 2{,}044$	
$\mathfrak{p} = 0{,}0282$	
$T = 260$	$T = 622$
$p = 0{,}987$ Atm.	$p = 2{,}054$ Atm.
$K = 1{,}000600$	$K = 1{,}000870$[2])

Bei der Umrechnung auf den Vergleichszustand benutzten wir die Clausius-Mosottische Formel. Bei den drei ersten Substanzen wird sie nur auf ein kleines Intervall angewandt, für Kohlensäure dagegen ist es beträchtlich. Berechnet man aber K für Kohlensäure für den Zustand, der mit Sauerstoff bei $T = 273$, $p = 1$ Atm. korrespondiert, wobei die Clausius-Mosottische Gleichung für ein geringeres Intervall benutzt wird, so ergibt sich wiederum, wie wir es vermuteten, daß K für Kohlensäure etwas größer ist als K für Sauerstoff. Was die zweiatomigen Stoffe anbelangt, so erkennt man, daß für sie K unter korrespondierenden Umständen nahezu gleich groß ist. Der Wert für Stickstoff weicht allerdings ein wenig ab, das gleiche trifft aber auch für die reduzierte Dampfdruckkurve dieser Substanz zu. Um hier eine gute Übereinstimmung zu erhalten, mußte man p_k etwas größer annehmen [die kritische Temperatur ist im allgemeinen genauer bestimmt als der kritische Druck]; dann aber wird auch für die Dielektrizitätskonstante die Übereinstimmung mit Kohlenoxyd und Sauerstoff besser.

Wir wollen nun noch das Verhalten von Äthylen prüfen. Dieser Stoff korrespondiert nicht mit Äther, wie man vielleicht vermuten sollte, sondern er scheint sich — soweit man dies überhaupt aus den vorliegenden Daten schließen kann — in bezug auf die reduzierte Dampfdruckkurve den obengenannten zweiatomigen Substanzen anzuschließen. Die Beziehung $K = n^2$ ist erfüllt, wie Boltzmann und Klemencic zeigten. Aber K hat unter korrespondierenden Bedingungen nicht den gleichen Wert wie bei Kohlenoxyd, unter denselben Bedingungen wie früher, also für $t = 2{,}044$, $\mathfrak{p} = 0{,}0282$ ergibt sich z. B. $K = 1{,}000946$ für Äthylen, falls man $T_k = 283$ und $p_k = 51{,}7$ Atm. setzt. Dies kann aber nicht als Widerspruch gegen unsere Folgerung angesehen werden, da das Verhältnis k der spezifischen Wärmen für Äthylen höchstwahrscheinlich verschieden sein wird von dem für Kohlenoxyd. Beobachtungen über k bei Äthylen liegen nicht vor.

Soweit sich also auf Grund des vorliegenden Beobachtungsmaterials ein Schluß ziehen läßt, scheint unsere Folgerung genähert zuzutreffen, doch sind noch weitere Messungen zur Sicherstellung des Resultates nötig.

Zum Schluß wollen wir noch Gleichung (2) für Benzol und Tetrachlorkohlenstoff prüfen. Beim ersten Stoff ist für $T = 273 + 110 = 383$ und $p = 1$ Atm. $K = 1{,}00292$ nach Bädeker, für dasselbe T und p ergibt sich nach dem Mariotte-Gay Lussacschen Gesetz $v = 402$, und somit wird für den gleichen Zustand $\frac{K-1}{K+2} v = 0{,}391$. Setzt man andererseits für den flüssigen Zustand bei $T = 273$, $v = 1{,}111$ und $K = 2{,}322$ (Tangl), so folgt $\frac{K-1}{K+2} v = 0{,}341$. Für Tetrachlorkohlenstoff ist bei $T = 383$, $K = 1{,}00304$ und $v = 204$. Somit wird $\frac{K-1}{K+2} v = 0{,}207$. Für den flüssigen Zustand ist bei $T = 273$, $v = 0{,}614$, $K = 2{,}26$ und $\frac{K-1}{K+2} v = 0{,}182$. Eine rohe Übereinstimmung ist bei beiden Stoffen vorhanden.

Tübingen, August 1909.

(Eingegangen 29. August 1909.)

1) K. Bädeker, Zeitschr. f. phys. Ch. **36**, 305 (insbes. 326), 1901.

2) Mittelwert aus Boltzmanns u. Klemencics wenig abweichenden Beobachtungen.

Über asymmetrische Tripletts im Wolframspektrum.

Von J. Stock.

In einem Artikel über asymmetrische Tripletts erwähnt Prof. Zeeman die Beobachtungen von Herrn Jack über einige ausgeprägte Dissymmetrien im Wolframspektrum, die im hiesigen Institute mit dem großen Rowlandschen Gitter gemacht wurden. Da nach späteren, nicht publizierten Beobachtungen des Herrn Jack diese Dissymmetrien sich in auffallender Weise inkonstant erwiesen, insbesondere sich ähnlich, wie bei den Intensitätsverhältnissen der Komponenten der Tripletts, ein Einfluß der Polarisationsverhältnisse des auf das Gitter fallenden Lichtes auszudeuten schien, so unternahm ich es auf Anregung von Herrn Prof. Voigt, diese Asymmetrie näher zu untersuchen, vorzugsweise auch eine etwaige Abhängigkeit von der Drehung der Polarisationsebene festzustellen. Eine solche Abhängigkeit würde wahrscheinlich machen, daß es sich bei jenen auffallenden Dissymmetrien, welche Herr Jack beobachtet hat, nicht um einen einfachen Zerlegungsvorgang handelt, sondern um die Zerlegung mehrerer, einander sehr naher und für die Beobachtung nicht trennbarer Linien. In der Tat würde z. B. ein enges Linienpaar, von dem das eine Glied eine normale, das andere eine bez. der Polarisation anormale Zerlegung von etwa demselben Betrage liefert, eine Dissymmetrie der Erscheinung ergeben, die sich bei einer Drehung der auf das Gitter auffallenden Schwingungen um die Fortpflanzungsrichtung ändert. Bei der theoretischen Bedeutung der Dissymmetrien des Zeemaneffektes erschien die völlige Aufklärung einiger der frappantesten Fälle durchaus notwendig.

Die benutzte Gitteraufstellung des Göttinger Instituts ist schon öfter beschrieben worden. Das Licht, das in einem Vorzimmer von einem elektrischen Funken zwischen den Polschuhen des Magneten ausging, passierte eine Linse, dann den Spalt, und im zweiten, während der Exposition völlig abgeschlossenen Raume, eine Quarzplatte, normal zur optischen Achse geschliffen, von veränderlicher Dicke, fiel dann auf ein großes Rowlandsches Konkavgitter und von da aus auf die photographischen Platten. Da ich nur Linien im Ultravioletten untersuchte, so benutzte ich entweder eine Quarz- oder eine Flußspatlinse. Die Quarzlinse war, um eine unregelmäßige Drehung der Polarisationsebene zu vermeiden, parallel der Achse geschliffen; die Quarzplatte von veränderlicher Dicke war aus zwei gegeneinander verschiebbaren Keilen in bekannter Weise zusammengesetzt.

Der Funken sprang zwischen zwei 1 mm dicken, 5 mm breiten Kohlenstäbchen über; Wolframsalz (Natrium Wolframicum) wurde in Wasser gelöst, die Stäbchen damit bestrichen und gewartet, bis sich nach dem Abdampfen des Wassers auf den Kohlenoberflächen eine Schicht des Salzes gebildet hatte. Die Linien waren schärfer, wenn die Lösung verdünnt, also die Dichte des Metalldampfes klein war.

Um aufzuklären, ob die Asymmetrien von der Lage der Polarisationsebene des aufs Gitter auffallenden Lichtes abhängig wären, wurden die Messungen der Komponentenabstände für verschiedene Lagen der Polarisationsebene ausgeführt. Das geschah auf verschiedene Weise. Es wurden zuerst Aufnahmen mit der Quarzlinse ohne Quarzkeile gemacht. Dabei war die Achse einmal parallel den Gitterlinien gerichtet, dann senkrecht, dann unter 45 Grad geneigt. Bei der letzten Stellung der Linse, bei welcher die Gesamtkomponenten der Schwingungen parallel und normal zu den Gitterfurchen gleich stark sein mußten, wurden dann hinter den Spalt die Quarzkeile geschoben und nun mehrere Aufnahmen bei verschiedener Dicke der aus ihnen gebildeten Quarzplatte gemacht. Die Dicke der Keile in verschiedenen Stellungen war in mm:

5,77. 5,58, 5,38, 5,18, 4,60,

und da der aus Landolts Tafeln extrapolierte Wert des spezifischen Drehungsvermögens für die hauptsächlich untersuchte Linie $\lambda = 3311{,}53$ rund 78^0 war, so betragen die entsprechenden Drehungen in den vorliegenden Fällen

$444{,}3^0$, $435{,}2^0$, $419{,}6^0$, $398{,}8^0$, $354{,}2^0$,

oder nach Abzug von 360^0

$84\,3^0$, $75{,}2^0$, $59{,}6^0$, $38{,}8^0$, $-5{,}8^0$.

Der Drehungsbereich von 90^0 genügt für die Entscheidung der gestellten Frage; denn weiterhin folgen wiederum dieselben Polarisationsverhältnisse in bezug auf die Gitterfurchen.

Eine ausgeprägte Dissymmetrie wurde von Herrn Jack gefunden bei der Linie 3311,53; er maß hier die Abstände zu $-0{,}159$ mm, 0, $+0{,}181$ mm, also beträgt der Unterschied ca. 14 Proz. Diese Linie eignet sich vorzugsweise zur Untersuchung, da sie recht stark ist und ziemlich genau ausgemessen werden kann.

Weniger stark, aber schärfer ist die Linie 3361,25. Diese Abstände der Komponenten dieser Linie [$-0{,}124$, 0, $+0{,}139$] sind von Herrn Jack, wie ich vermute, im Spektrum, zweiter oder dritter Ordnung, ausgemessen worden. Außer diesen beiden Linien habe ich noch die Linie 3049,80 untersucht.

Die Abweichungen zwischen den Ausmessungen auf einer und derselben Platte waren bei meinen Beobachtungen nicht größer als 0,005 mm, bei solchen auf verschiedenen Platten größer; sie gingen bisweilen bis zu

0,010 mm. Dies ist leicht erklärlich, wenn man bedenkt, von wie vielen sekundären Umständen das Aussehen der Linien bei einer $1^1/_2$stündigen Expositionsdauer abhängt. Es kommt nicht nur die verschiedene Intensität der äußeren und inneren Komponenten infolge der verschiedenen Richtung der Polarisationsebene des auffallenden Lichtes in Frage, sondern auch das Aussehen des Funkens, die Dichte des Salzes, die Verschiedenheit der Beleuchtung des Gitters mittels der Quarz- und der Flußspatlinse. Jedesmal wurden fünf Messungen der einzelnen Linien ausgeführt, und jede Platte wurde wenigstens zweimal ausgemessen, es liegen also jeder Zahl zehn Messungen zugrunde. Die entsprechenden, bei den verschiedenen oben angedeuteten Anordnungen, in mm gemessenen Abstände waren:

Im Gegensatz zu den vorstehenden im wesentlichen negativen Resultaten habe ich nun aber gleich zu Anfang meiner Beobachtungen bei den ersten Probeaufnahmen eine Platte (Nr. 28) erhalten, bei der nicht nur die Dissymmetrie sehr merklich ist, sondern sogar die von Herrn Jack beobachtete noch erheblich übertrifft. Ich finde nämlich bei mehreren Ausmessungen folgende Zahlen:

Platté 28.
$\lambda = 3311$.

0,161,	0,	0,193
0,159,	0,	0,190
0,157,	0,	0,193
0,157.	0.	0,188
0,160,	0,	0,191
im Mittel: 0,159,	0,	0,191.

1. Bei Anwendung der Quarzlinse allein:

Nr. der Platten	$\lambda = 3311$	$\lambda = 3361$	$\lambda = 3049$	Anmerkung	
115, 116	0,168, 0, 0,174	0,132, 0, 0,137	0,146, 0, 0,146	Achse parallel den Gitterlinien	ohne
117, 118	0,170, 0, 0,175	0,132, 0, 0,135	0,141, 0, 0,152	Achse senkrecht	Quarz-
119, 120	0,170, 0, 0,175	0,131, 0, 0,134	0,141, 0, 0,152	Achse 45° geneigt	keile

2. Mit hinter den Spalt geschobenen Quarzkeilen:

Nr. der Platten	$\lambda = 3311$	$\lambda = 3361$	$\lambda = 3049$	Anmerkung
89, 90	0,168, 0, 0,167	zu schwach	0,135, 0, 0,141	Drehung um 84°
93, 94	0,165, 0, 0,171	0,140, 0, 0,137	0,141, 0, 0,142	" " 75°
97, 98	0,165, 0, 0,168	0,136, 0, 0,142	0,148, 0, 0,150	" " 60°
91, 92	0,166, 0, 0,172	0,131, 0, 0,137	0,141, 0, 0,149	" " 39°
95, 96	0,163, 0, 0,165	zu schwach	0,143, 0, 0,145	" " 6°

Nun wurde statt mit der Quarzlinse mit einer Flußspatlinse von ca. 30 cm Brennweite exponiert, zunächst ohne Quarzkeile, dann mit ihnen bei verschiedenen Dicken. Die entsprechenden Zahlen, erhalten auf dieselbe Weise, bei entsprechenden Drehungen der Polarisationsebene, sind in folgender Tabelle angegeben:

Die Abstände für $\lambda = 3361$ sind 0,135, o 0,141, für 3049 bzw. 0,140, 0,153. Der in Frage kommende Teil der bez. Platte ist in fünffacher Vergrößerung in Fig. 2 abgebildet, während Fig. 1 dasselbe Triplett in einer der oben besprochenen späteren Aufnahmen darstellt. Man sieht deutlich, daß bei dem Tri-

3. Mit der Flußspatlinse:

Nr. der Platten	$\lambda = 3311$	$\lambda = 3361$	$\lambda = 3049$	Anmerkung
101, 102	0,175, 0, 0,183	0,142, 0, 0,135	0,152, 0, 0,153	Ohne Quarzkeile
103, 104	0,168, 0, 0,170	0,134, 0, 0,138	0,141, 0, 0,139	Dicke d. Quarzk. 2,93 mm, Drehung 229°
105, 106	0,164, 0, 0,171	0,130, 0, 0,139	0,146, 0, 0,138	Dicke 3,16 mm, Drehung 246°
107, 108	0,171, 0, 0,177	0,134, 0, 0,135	0,140, 0, 0,145	Dicke 3,63 mm, Drehung 283°
109, 110	0,168, 0, 0,174	0,136, 0, 0,137	0,140, 0, 0,138	Dicke 4,16 mm, Drehung 324°

Die vorstehend angeführten Zahlen zeigen, daß eine ausgeprägte Dissymmetrie bei den beobachteten Linien nicht vorhanden ist. Man bemerkt aber bei $\lambda = 3311$, daß auf allen Platten der eine Abstand immer ein wenig größer ist als der andere, wenn auch diese Überschüsse fast in den Fehlergrenzen liegen. Der größere Abstand gegen das rote Ende des Spektrums beträgt im Durchschnitt 0,173 mm, der kleinere 0,168, es ist also ein Unterschied vorhanden von ca. 3 Proz.

plett 3311 ein ganz beträchtlicher Unterschied der Abstände der Komponenten besteht.

Ich habe mich nachhaltig bemüht, eine weitere ähnliche Dissymmetrie wiederum zu bekommen — leider vergeblich. Ich vermutete, daß die Dissymmetrie die Folge einer unvollkommenen Einstellung war; deshalb verdarb ich dieselbe absichtlich. Ich ließ also das Licht etwas schief auf die Linse fallen, verschob die Linse etwas seitwärts, so daß man, durch den Spalt auf die Linse blickend, nur die Hälfte

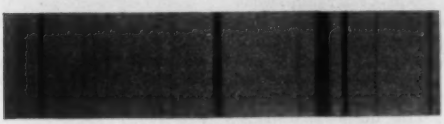

Fig. 1.

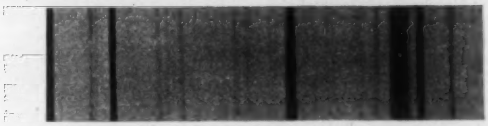

Fig. 2.

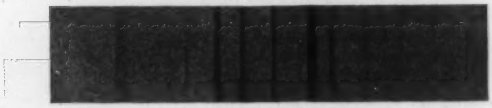

Fig. 3.

der Linse beleuchtet sah. Immer aber traten die Linien in symmetrischer Lage auf. Fig. 2 läßt erkennen, daß auf der Platte 28 gewisse Linien gegen das Rote hin etwas verwaschen und dadurch unscharf sind. Eine nähere Betrachtung des Tripletts durch den Zeißschen Komparator, mit dem er ausgemessen wurde, überzeugt, daß in Wirklichkeit die beiden äußeren Komponenten des Tripletts nach den längeren Wellenlängen hin ein wenig verwaschen, daß dagegen die innere Komponente gleichmäßig nach beiden Seiten hin abschattiert ist. Infolge der Verwaschung nach Rot verringert sich scheinbar der Abstand auf der Seite der kleineren Wellenlängen, der auf der Seite der größeren vergrößert sich. Mißt man die Abstände der scharfen Kanten von der Mittellinie, so findet man die Dissymmetrien nicht wieder.

Nun ist es bekannt, daß die Verbreiterungen der Linien, symmetrische oder unsymmetrische, in bezug auf die ursprüngliche Lage sowohl von der Temperatur als auch der Dampfdichte des Salzes abhängig sind. Ich steigerte deshalb bei den Versuchen die Dampfdichte soviel als möglich, indem ich alle fünf Minuten die Kohlenstäbchen mit einer dicken Salzdichte bedeckte und die Stromstärke vergrößerte. Dabei war die Stellung der Polarisationsebene eine solche, daß einmal die äußeren Komponenten eine geringere Lichtintensität hatten als die innere, das andere Mal waren alle drei Komponenten gleich stark. Trotzdem war von einer Verwaschung, also auch von einer angeblichen größeren Dissymmetrie bei der Linie $\lambda = 3311$ nichts zu sehen.

Bei der Linie $\lambda = 3049$ trat aber auf der Platte 126 ein erheblicherer Unterschied hervor; das bez. Triplett ist in Fig. 3 abgebildet. Die entsprechenden Abstände sind:

Nr. der Platten	$\lambda = 3311$	$\lambda = 3361$	$\lambda = 3049$	Anmerkung
121, 122	0,174, 0, 0,181	0,136, 0, 0,142	0,148, 0, 0,154	Äußere Komp. schwach
125, 126	0,175, 0, 0,178	0,138, 0, 0,141	0,155, 0, 0,129	Alle Komp. von gleicher Stärke

Der Einfluß der Schärfe einer Spektrallinie auf die Dissymmetrie des von ihr gelieferten Tripletts dürfte durch vorstehendes sehr wahrscheinlich gemacht sein. Es bleibt die Ursache der beobachteten einseitigen Verwaschenheit freilich noch ganz unaufgeklärt. Die Frage ist um so schwieriger, als die mittlere Komponente sich entgegengesetzt verhält wie man erwarten sollte; eine stärkere Komponente müßte durch eine auf alle Schwingungen gleichmäßig wirkende Ursache eine stärkere einseitige Verbreiterung erfahren als eine schwächere, — und eine solche würde eine Dissymmetrie im entgegengesetzten Sinne ergeben als die Beobach-

tung zeigt. Es muß sonach eine Ursache geben, welche bei den Schwingungskomponenten senkrecht zu den Kraftlinien des Magnetfeldes eine stärkere Verbreiterung nach Rot ergibt als bei denjenigen parallel zu den Kraftlinien. Daß die Ursache auf dem Wege der Strahlen bis zur photographischen Platte liegt, ist sehr unwahrscheinlich, sie dürfte in der Lichtquelle selbst zu suchen sein.

Die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen klären die Frage der veränderlichen Dissymmetrie nicht, sie begrenzen aber das Problem enger und insofern erachte ich ihre Publikation für angezeigt, — um so mehr, als ich durch meinen Fortgang von Göttingen verhindert bin, die Untersuchung fortzusetzen.

Göttingen, im August 1909.

(Eingegangen 26. August 1909.)

Nachweis der komplexen Natur von Radium *C*.

Von Otto Hahn und Lise Meitner.

Die Absorption der verschiedenen β-Strahlen von Thorium und Aktinium erfolgt, wie wir in einigen früheren Mitteilungen in Übereinstimmung mit anderen Autoren gezeigt haben, bei Ausschluß zu schräger Strahlen nach einem Exponentialgesetz [1]). Beim Thorium haben wir nachgewiesen, daß die β-Strahlen vom Mesothorium II, Thorium *A* und Thorium *D* herrühren. Diese letztere Substanz haben wir in neuerer Zeit bei einer anderen Gelegenheit aufgefunden [2]) und den Nachweis erbracht, daß die bisher dem Thorium *B* bzw. Thorium *C* zugeschriebenen β-Strahlen von dieser neuen Substanz, die mit einer Periode von 3,1 Minuten zerfällt, emittiert werden.

Von den Zerfallsprodukten des Aktiniums sind Radioaktinium, Aktinium *A* und das unlängst von uns entdeckte Aktinium *C* [3]) die Träger der β-Strahlen.

Von den untersuchten Strahlen ergaben sich bei den von uns eingehaltenen Bedingungen die des Thorium *A*, Thorium *D*, Aktinium *A* und Aktinium *C* als homogen, während die Strahlen des Mesothorium II und des Radioaktiniums aus mehreren Strahlengruppen bestehen.

Nach der schon früher von uns aufgestellten Hypothese, daß komplexen β-Strahlen auch komplexe Substanzen entsprechen, müssen wir also annehmen, daß Mesothorium II und Radioaktinium keine einheitlichen Substanzen sind.

1) O. Hahn u. L. Meitner, diese Zeitschr. **9**, 321 bis 333, 1908.
2) O. Hahn u. L. Meitner, Ber. d. Deutsch. Phys. Ges. **11**, 55—62, 1909.
3) O. Hahn u. L. Meitner, diese Zeitschr. **9**, 697 bis 702, 1908.

Zur Vervollständigung haben wir unsere Untersuchung jetzt auch auf die β-Strahlen des Radiums ausgedehnt.

Die β-Strahlen des Radiums rühren, wie von Rutherford, H. W. Schmidt, Meyer und v. Schweidler, Bronson u. a. gezeigt worden ist, von Radium *B*, Radium *C* und Radium E_2 her.

Die Strahlen von Radium *C* und Radium E_2 wurden von den Forschern als nicht homogen beschrieben. Meyer und v. Schweidler [1]) fanden beim Radium E_2 außer der β-Strahlung noch eine weiche Strahlung, die zur Hälfte von $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ cm Aluminium absorbiert wird.

H. W. Schmidt [2]) schließt aus seinen Versuchen, daß Radium *C* zwei, Radium *B* sogar drei verschiedene Gruppen von β-Strahlen emittiert.

Unsere Untersuchungen stimmen mit denen der genannten Forscher insofern überein, als auch wir sowohl beim Radium *C* als beim Radium E_2 eine komplexe Strahlung fanden. Radium *B* dagegen scheint nach unserer Beobachtung eine einheitliche β-Strahlung auszusenden, doch können wir nicht unerwähnt lassen, daß es sehr schwer ist, Radium *B* als einheitliche Substanz zu untersuchen, da ja wenige Minuten nach der Herstellung schon ein großer Prozentsatz von Radium *C* nachgebildet ist.

Im folgenden geben wir einige Kurven für Radium $B+C$, Radium *B* und Radium *C* getrennt an.

Radium $B+C$ wurde in der Weise erhalten, daß aktiver Niederschlag in verdünnter Säure gelöst und in einem Schälchen eingedampft wurde, so daß die Substanz in sehr dünner Schicht vorlag. Die Versuche wurden wie bei den früheren Arbeiten mit einem β-Strahlen-Elektroskop ausgeführt. Als absorbierende Substanz dienten Aluminiumfolien von 0,045 mm

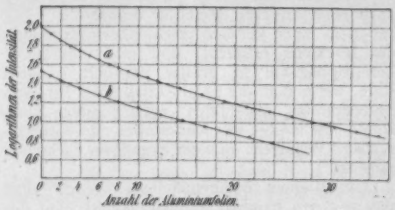

Fig. 1.

Dicke. In den Kurven sind als Ordinaten die Logarithmen der Aktivität, als Abszissen die Anzahl der Aluminiumfolien aufgetragen.

Fig. 1 Kurve *a* gibt die für Radium $B+C$

1) Meyer u. v. Schweidler, Wien. Ber. **115**, IIa, 697 bis 711, 1906.
2) H. W. Schmidt, diese Zeitschr. **7**, 764—766, 1906.

erhaltenen Messungsresultate wieder. Man sieht eine deutliche Krümmung, was bei dem komplexen Ausgangsmaterial nicht weiter verwunderlich ist.

Um möglichst reines Radium B herzustellen, haben wir zwei verschiedene Methoden angewendet. Die erste Methode bestand darin, daß aus einer Lösung des aktiven Niederschlags Radium C einige Male mit Tierkohle abgetrennt wurde, ein Verfahren, das von Levin[1]) schon früher für andere Substanzen angewendet worden ist. In dem Filtrat, das nur noch sehr wenig Radium C enthielt, wurde mittels Bariumsulfat möglichst schnell Radium B ausgefällt. Das vorherige Entfernen von Radium C mittels Tierkohle ist insofern sehr praktisch, als bei der nachherigen Fällung von Radium B auch das mechanische Mitreißen von Radium C auf ein Minimum beschränkt, und dadurch bei geschwindem Arbeiten ein sehr reines Produkt erzielt wird.

Das Präparat wurde möglichst schnell auf seine β-Strahlung untersucht und die Absorption in Aluminium gemessen.

Die erhaltenen Resultate zeigt Fig. 2, Kurve a. Man sieht, daß die β-Strahlen des Radium B sehr viel weicher sind, als die Strahlen des gesamten aktiven Niederschlags. Eine ganz gerade Linie konnte allerdings nicht erhalten werden, da wir eine Korrektur für das während der Messung nachgebildete Radium C nicht ausgeführt haben. Wie sehr die Nachbildung von Radium C die Form der Absorptionskurven beeinflußt, zeigen die vier Kurven c, d, e, f der Fig. 2, die zu verschiedenen Zeiten mit demselben Produkt aufgenommen worden sind. Die Anfangsaktivitäten wurden auf denselben Wert umgerechnet. Die letzte Kurve f entspricht schon Radium $B + C$ im Gleichgewicht.

Zur Kontrolle wurde Radium B auch noch nach einer anderen Methode hergestellt. Wir haben in einer kürzlich erschienenen Mitteilung den Nachweis erbracht, daß man radioaktive Zerfallsprodukte in großer Reinheit erhalten kann, wenn man die beim Zerfall eines Strahlen emittierenden Produktes entstehenden Restatome, die infolge des Rückstoßes den Molekülverband verlassen, an einer negativen Elektrode auffängt[2]).

Um Radium B herzustellen, braucht man also nur den frischen aktiven Niederschlag des Radiums, d. h. solchen, der noch Radium A enthält, auf einer positiv geladenen Metallplatte einer negativ geladenen gegenüber zu stellen und erhält schon nach wenigen Sekunden beträchtliche Mengen von Radium B.

Mit derartig hergestellten Präparaten wurde die Kurve b der Fig. 2 aufgenommen; die Ähnlichkeit mit der Kurve a ist unverkennbar. Man sieht aus den beiden Kurven, daß die β-Strahlen vom Radium B von etwa 0,0090 cm Aluminium zur Hälfte absorbiert werden, was einem Absorptionskoeffizienten $\lambda = 77$ cm^{-1} entspricht.

Was nun das Radium C anbelangt, so haben wir auf dessen Reindarstellung besondere Sorgfalt verwendet, weil schon H. W. Schmidt beim Radium C eine komplexe β-Strahlung nachgewiesen hatte. Wir benützten zur Herstellung von Radium C das umgekehrte Verfahren wie

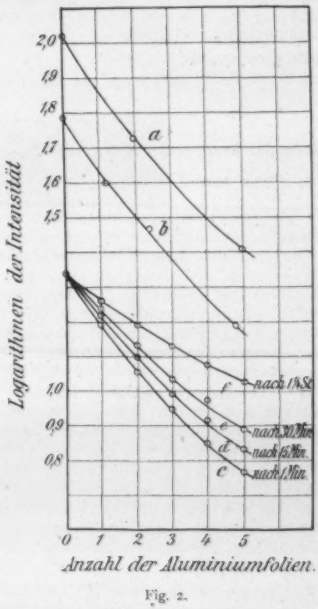

Fig. 2.

bei der Reindarstellung von Radium B. Es wurde in einer schwachsauren Lösung des aktiven Niederschlags Radium B mittels Bariumsulfat ausgefällt. Im Filtrat wurde Radium C durch Tierkohle niedergerissen.

Kurve b der Fig. 1 gibt die erhaltene Absorptionskurve wieder. Dieselbe zeigt deutlich, daß zwar die Anfangskrümmung bedeutend geringer ist wie in Kurve a derselben Figur, entsprechend der Abtrennung des leicht absorbierbaren Radium B; doch ist die Abweichung vom exponentiellen Verlauf noch unverkennbar ausgeprägt. Daß die geringe Krümmung dieser Kurve nicht etwa von einem kleinen Prozent-

1) M. Levin, diese Zeitschr. 7, 692—696, 1906.
2) l. c.

satz von Radium B herrührt, konnten wir durch die Messung der Abklingung feststellen, die mit der Periode von 19 Minuten erfolgte. Es ist also selbst beim reinen Radium C noch eine komplexe β-Strahlung vorhanden. Nach unserer Ansicht muß demnach Radium C eine komplexe Substanz sein.

Bevor wir auf den Beweis dieser Behauptung näher eingehen, möchten wir erwähnen, daß schon früher verschiedene Forscher aus anderen Gründen Radium C als komplex angenommen haben. So hat Rutherford aus dem Ionisierungsbereich der α-Strahlung von Radium C geschlossen, daß diese α-Strahlen einem Produkte von kürzerer Lebensdauer als es Radium C ist, angehören dürften, da sie weit durchdringender sind, als die α-Strahlen des mit einer Periode von 3 Minuten zerfallenden Radium A. Ferner haben Meyer und v. Schweidler[1]) bei der Bestimmung der Zerfallsperiode von Radium D die Nichtübereinstimmung der aus der Messung der α-Strahlung bzw. β-Strahlung erhaltenen Werte durch die Annahme erklärt, „daß Radium C kein einheitlicher Körper sei, sondern aus zwei aufeinanderfolgenden β-strahlenden Produkten bestehe".

Wir selbst haben in der schon früher zitierten Arbeit Anzeichen dafür angegeben, daß im Radium C eine sehr schnell zerfallende Substanz vorhanden ist, die wir aber nicht in meßbarer Menge abscheiden konnten. Wir haben jetzt unsere Versuche wiederholt und nach verschiedenen Methoden eine Trennung des Radium C in zwei Bestandteile auszuführen gesucht.

Mehrere chemische Trennungsversuche mit Radium C ließen keinerlei Andeutung für ein rasch zerfallendes Produkt erkennen, wobei aber in Betracht zu ziehen ist, daß bei allen Fällungsversuchen die Messung erst einige Minuten nach der Fällung ausgeführt werden kann. Ein sehr rasch zerfallender Körper ist daher, selbst wenn eine Trennung erzielt wird, auf diese Weise nicht nachzuweisen.

Vielleicht konnte man durch Erhitzen von Radium C auf verschieden hohe Temperaturen einen Erfolg erwarten; einige in dieser Richtung unternommene Versuche ergaben kein positives Resultat.

Wiederum wandten wir uns daher der Methode der Herstellung von Zerfallsprodukten durch den radioaktiven Rückstoß zu. Wir haben gezeigt, daß man auf diese Weise sowohl Radium B als Radium C herstellen kann und unsere Versuche sind von Ruß und Makower bestätigt worden[2]). Da Radium A α-Strahlen, Radium B nur β-Strahlen emittiert, so wird durch Rückstoß viel mehr Radium B als Radium C entstehen, weil die Geschwindigkeit, die das Restatom erhält beim α-Rückstoß, fast 1000mal so groß ist wie beim β-Rückstoß.

Es waren somit drei Möglichkeiten gegeben, um die Existenz eines rasch zerfallenden Produktes nachzuweisen. Wir wollen zum besseren Verständnis des Folgenden die Annahme vorweg nehmen, daß Radium C sich aus zwei Bestandteilen Radium C_1 und Radium C_2 zusammensetzt, derart, daß Radium C_1 mit einer Periode von 19 Minuten, Radium C_2 sehr viel rascher zerfällt.

1. Untersucht man die Rückstoßwirkung eines frischen aktiven Niederschlags, also von Radium $A + B + C$, so entsteht bei kurzer Exposition infolge des Zerfalls von Radium A durch α-Rückstoß Radium B, während durch β-Rückstoß von Radium B nur Spuren von Radium C_1 entstehen können; emittiert Radium C_1 α-Strahlen, so entsteht außer Radium B eine beträchtliche Menge Radium C_2, dessen Zerfall dann den Aktivitätsanstieg, der der Nachbildung von Radium C_1 aus Radium B entspricht, anfangs überdecken müßte. Emittiert dagegen Radium C_1 nur β-Strahlen, so wird eine sehr geringe Menge Radium C_2 durch den Rückstoß von Radium C_1 entstehen, die aber bei kurzer Exposition, wegen der vorausgesetzten kurzen Lebensdauer des Radium C_2, gegenüber dem Radium C_1 im Überschuß auftreten müßte. Da man wegen des schnellen Zerfalls von Radium A beliebig geringe Mengen von Radium B herstellen kann, so ist auch für den letzteren Fall, daß Radium C_1 nur β-Strahlen emittiert, die Möglichkeit gegeben, zerfallendes Radium C_2 noch neben entstehendem Radium C_1 nachzuweisen.

2. Verwendet man aktiven Niederschlag, bei dem Radium A schon zerfallen ist, so erhält man durch den Rückstoß der β-Strahlen von Radium B Radium C_1 in deutlich nachweisbarer Menge. Bei kurzer Exposition würde man aber, gleichgültig ob Radium C_1 α- oder β-Strahlen emittiert, aus dem früher angegebenen Grunde einen Überschuß von Radium C_2 erhalten, so daß die Aktivität anfangs rascher und schließlich mit der Periode von 19 Minuten abnehmen müßte.

3. Der beste Beweis für die komplexe Natur von Radium C wäre natürlich dann erbracht, wenn man nach der Rückstoßmethode aus reinem Radium C ein schnell zerfallendes Produkt erhalten könnte. Eine solche Substanz müßte dann exponential mit der ihr zugehörigen Periode nach Null abklingen.

Um den ersten Fall zu untersuchen, wurde ein Phosphorbronzedraht in einem geeigneten Induktionsgefäß über eine wäßrige Lösung von 2 mg $RaBr_2$ der Emanation exponiert. Nach einigen Stunden wurde der Draht mit dem

1) Meyer u. v. Schweidler, Wien. Ber. 115, IIa, 701 bis 713, 1907.
2) Ruß u. Makower, diese Zeitschr. 10, 361—372, 1909.

aktiven Niederschlag herausgenommen und mindestens 10—15 Minuten gewartet, so daß der größte Teil von Radium *A* zerfallen war. Der Draht wurde auf eine Metallplatte aufgelötet, die mit dem positiven Pol der Stadtleitung verbunden war. Ihr gegenüber befand sich eine gleichgroße negativ geladene Platte, auf der die zu untersuchende Substanz 15—30 Sekunden gesammelt wurde. Es gelang einige Male anfangs eine deutlich nachweisbare Abnahme und nachherige starke Zunahme der Aktivität zu beobachten. Die anfängliche Abnahme entsprach dem Zerfall einer kurzlebigen Substanz, während die nachherige Zunahme sich aus der Nachbildung von Radium *C* aus Radium *B* erklärt. Diese Resultate scheinen die oben angestellte Überlegung zu bestätigen. Doch wollen wir diesen Versuchen keine zu große Beweiskraft zuschreiben, da hierbei Irrtumsmöglichkeiten nicht ausgeschlossen sind. Einmal wäre es beispielsweise denkbar, daß Spuren von Emanation an dem Drahte haften, die dann durch den Rückstoß Radium *A* an die negative Elektrode bringen. Außerdem könnte Radium *A* in geringen Mengen mechanisch mitgerissen werden und so die oben angeführten Resultate bedingen.

Schon bei diesen ersten Versuchen war die Wirkung des Rückstoßes äußerst gering und wir haben daher die weiteren Untersuchungen mit stärkeren Aktivitäten ausgeführt.

Durch die Jagor-Stiftung in Berlin wurden uns Mittel zur Beschaffung von 10 mg $Ra\,br_2$ zur Verfügung gestellt. Außerdem hatte Herr Prof. Rutherford die große Liebenswürdigkeit, uns die Emanation seiner großen Radiummenge aufzusammeln und zu senden. Die Emanation entsprach, als wir sie erhielten, etwa 150 mg $Ra\,br_2$. Sie wurde mittels flüssiger Luft in ein innen versilbertes Induktionsgefäß umgefüllt, in das der zu induzierende Draht isoliert eingeführt werden konnte. Beim Ansammeln des aktiven Niederschlags wurde der Draht negativ, das Gefäß mittels eines eingeschmolzenen Platindrahtes positiv geladen. Um den exponierten Draht herauszunehmen, wurde das Emanationsgefäß in flüssiger Luft gekühlt, damit ein Entweichen der Emanation beim Öffnen des Gefäßes nach Möglichkeit vermieden werde. Trotzdem wurde bei den Versuchen immer etwas Emanation verloren und nach etwa 8 Tagen war nur noch eine viel geringere Menge als die theoretisch zu erwartende vorhanden.

Der auf dem Draht angesammelte aktive Niederschlag wurde teils direkt zu den Rückstoßversuchen verwendet, teils zu reinem Radium *C* verarbeitet.

Wir hatten schon bei früherer Gelegenheit beobachtet, daß man bei der Aktivierung durch β-Rückstoß im Vakuum stärkere Wirkungen bekommt als bei gewöhnlichem Druck, was ja auch bei der geringen Geschwindigkeit der Restatome leicht verständlich ist. Es wurde deshalb eine Reihe von Versuchen im Vakuum ausgeführt.

Ein zylindrisches Glasgefäß enthielt zwei verschiebbare, kreisförmige Metallelektroden. Auf der positiv geladenen wurde die Ausgangssubstanz angebracht, während an der negativen die zu untersuchende Substanz aufgefangen wurde. Das Gefäß konnte durch eine schnell arbeitende Pumpe innerhalb sehr kurzer Zeit auf 0,3 bis 0,2 mm Druck evakuiert werden. Wir haben mit diesem Gefäß eine große Reihe von Versuchen sowohl mit Radium $B+C$ als auch mit Radium *C* angestellt. Das Radium *C* wurde, um möglichst dünne Schichten zu erhalten, nach der v. Lerchschen Methode mittels Nickel hergestellt. Es konnte auf diese Weise bis zu einem Drittel der Ausgangsaktivität abgetrennt werden.

Die Prüfung der Aktivität der durch den Rückstoß an der negativen Elektrode gesammelten Substanz ergab bei schnellem Arbeiten in allen Fällen anfänglich einen sehr schnellen Abfall, der aber oft schon nach wenigen Minuten langsamer wurde und dann auffallenderweise nicht etwa mit der Periode von Radium *C*, sondern mit einer längeren stattfand. Diese Erscheinung war um so rätselhafter, als sie auch bei Verwendung von reinem Radium *C* auftrat. Die Reinheit des Radium *C* wurde durch Prüfung der Abklingung nachgewiesen, die in den beobachteten Fällen bis unter 1 $^0/_{00}$ mit der richtigen Periode erfolgte.

Leider fanden wir die Erklärung für diese Erscheinung erst, als nicht mehr viel Radiumemanation übrig war. In dem zu den Versuchen verwendeten Vakuumgefäß war vorher zu anderen Zwecken ein starkes Radiumpräparat mehrere Tage positiv geladen im Vakuum aufgehoben worden. Hierbei war, wahrscheinlich durch Rückstoßwirkung der α-Strahlen des Radiums, ein großer Teil der Emanation in die Gefäßwandung hineingetrieben worden und kam nun bei den weiteren Versuchen im Vakuum durch Diffusion allmählich heraus. Daß tatsächlich die Emanation durch Rückstoß in feste Körper eindringt, haben wir bei verschiedenen Gelegenheiten beobachten können. Bringt man z. B. eine negativ geladene Platinfolie einem Radiumsalz gegenüber, so ist nach kurzer Zeit die Platinfolie beträchtlich aktiv, doch nimmt die Aktivität nicht etwa mit der Periode von Radium *B* ab, sondern nur wenig schneller als der Periode der Radiumemanation entspricht. Selbst durch Glühen gelang es in vielen Fällen nicht, die Emanation aus derartigen Folien quantitativ zu entfernen.

Die Anwesenheit von Radiumemanation in unserem Gefäß konnten wir durch blinde Ver-

suche bestätigen, indem negativ geladene Folien merkliche Aktivität annahmen, auch wenn keine aktive Substanz in das Gefäß eingeführt wurde. Außerdem verschwand diese Infektionserscheinung ungefähr mit der Periode der Radiumemanation. Natürlich traten diese lästigen Nebenerscheinungen bei unseren Versuchen um so stärker in Wirkung, je länger die Exposition dauerte; daher gaben auch unsere Vakuumversuche nur dann ein befriedigendes Resultat, wenn die Expositionsdauer kurz war.

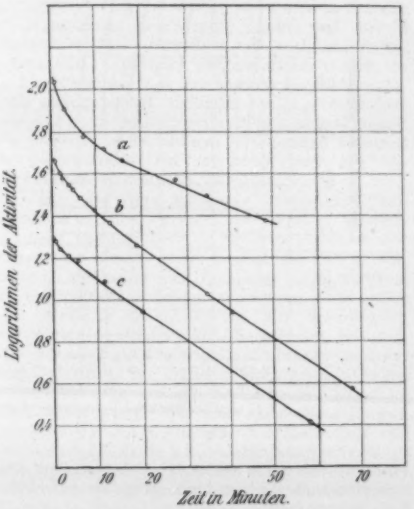

Fig. 3.

Fig. 3 gibt einige direkt gefundene Kurven wieder, wie sie auf die oben angegebene Weise erhalten wurden. Die erste Messung der Kurve *a* wurde weniger als eine Minute nach Unterbrechung der Exposition ausgeführt. Man sieht mit Deutlichkeit einen anfänglichen sehr raschen Abfall, der auch unkorrigiert noch viel schneller erfolgt, als der Periode von Radium *A* entsprechen würde. Der zweite Teil der Kurve deckt sich dann ungefähr mit der Abklingungskurve von Radium *B*.

Kurve *b* wurde auf ähnliche Weise erhalten. Wiederum ist der erste Abfall sehr steil und der weitere Verlauf erfolgt ungefähr mit der Periode von Radium *C*. Es hat also danach fast den Anschein, als ob im Vakuum ein Teil des auf der Nickelfolie niedergeschlagenen Radium *C* mechanisch mitgerissen wird.

Wir fügen hier noch eine dritte Kurve hinzu, der Messungen mit einem Präparat zugrunde liegen, das nicht aus Radium *C*, sondern direkt aus dem aktiven Draht gewonnen wurde. Um die Bildung von Radium *B* durch Rückstoß zu vermeiden, wurde hinreichend lange gewartet, um alles Radium *A* zerfallen zu lassen. Die Versuche wurden 80 Minuten nach Herausnahme des Drahtes aus der Emanation angestellt. Nach dieser Zeit ist weniger als das $1 \cdot 10^{-8}$fache der ursprünglichen Radium *A*-Menge vorhanden. Die Aktivität rührte also nur her von Radium *B* und Radium *C* bzw. Radium $C_1 + C_2$. Man muß also erwarten, an der negativen Elektrode durch Rückstoß Radium C_1 und Radium C_2 zu erhalten, und zwar bei nicht zu langer Exposition Radium C_2 im Überschuß.

Es wurde 6 Minuten im Vakuum exponiert und $^3/_4$ Minuten nach Beendigung der Exposition die Messung begonnen. Das Resultat entspricht vollkommen den Erwartungen.

Die erhaltenen Werte zeigt Kurve *c* der Fig. 3. Der erste Abfall erfolgt wieder zu schnell und der weitere Verlauf ist der von reinem Radium *C*.

Da die im Vakuum angestellten Versuche wegen der schon angegebenen Infektion der Vakuumröhre auch bei Verwendung von reinem Radium *C* keine reinen Abklingungskurven ergeben hatten, wiederholten wir diese Versuche auch bei gewöhnlichem Druck, obzwar die Wirkungen da viel geringer sind. Radium *C* wurde wie auch früher auf Nickel hergestellt und dieses einer negativ geladenen Elektrode sehr nahe gegenüber gebracht. Sehr nahes Gegenüberstellen ist notwendig, da die ohnehin schon sehr geringen Wirkungen sonst nicht meßbar sind.

Die Methode, bei gewöhnlichem Luftdruck zu arbeiten, hatte außerdem den Vorzug, daß man die Messung wenige Sekunden nach Unterbrechung der Exposition beginnen konnte.

In Fig. 4 ist eine auf diese Weise direkt erhaltene Kurve angeführt. Man erkennt, daß die gesamte Aktivität während weniger Minuten fast völlig verschwindet, was zu erwarten ist, wenn aus Radium C_1 durch den Rückstoß der β-Strahlen Radium C_2 aufgefangen wird. Leider können wir keine größere Auswahl solcher einheitlicher Abklingungskurven geben, denn es war äußerst schwer, bei den hier in Betracht kommenden minimalen Aktivitäten eine Infektion mit Spuren des aktiven Niederschlags zu vermeiden. Um einen Überblick über die Größenordnung der verwendeten Aktivität zu geben, möchten wir folgende Zahlen anführen:

Die Aktivität des aktiven Niederschlags nach dem Entfernen aus der Emanation entsprach 6,8 mg $Ra\,br_2$. Das hieraus hergestellte reine Radium *C* hatte eine Aktivität von 1,9 mg $Ra\,br_2$, während die Aktivität des durch Rückstoß ge-

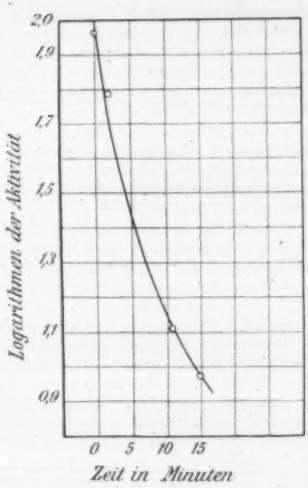

Fig. 4.

wonnenen Produktes der Größenordnung nach etwa $1 \cdot 10^{-5}$ mg $Ra\,br_2$ gleich kam.

Bei verschiedenen Gelegenheiten schien es, daß man durch Erwärmen etwas stärkere Wirkungen erzielen könnte. Daher haben wir in unseren Versuchen bei gewöhnlichem Druck uns öfters dieses Hilfsmittels bedient. Dabei sind aber die Kurven schließlich immer mit der Periode von Radium *C* abgeklungen, so daß es scheint, daß auch bei mäßigem Erwärmen Spuren von Radium *C* überfliegen. Wir haben deshalb zur Bestimmung der Geschwindigkeit des ersten Abfalls für eine große Reihe von Kurven, die wir auf verschiedene Weise teils im Vakuum, teils bei Atmosphärendruck erhielten, den schließlichen logarithmischen Abfall von Radium *C* zurück extrapoliert und von den gemessenen Werten in Abzug gebracht.

Fig. 5 gibt eine Reihe derartiger extrapolierter Kurven wieder. Die Kurven *a* bis *c* wurden im Vakuum, *d* bis *f* bei Atmosphärendruck erhalten.

Alle Kurven zeigen einen sehr raschen Abfall, der zwischen 1 und 2,5 Minuten liegt. Die Kurven, die bei gewöhnlichem Druck aufgenommen wurden, also sehr schnell gemessen werden konnten, scheinen im allgemeinen einen rascheren Abfall zu ergeben, während die im Vakuum aufgenommenen, d. h. diejenigen, die erst etwa eine Minute nach Unterbrechung des Versuches zur Messung gelangen konnten, eine Periode von mehr als zwei Minuten ergeben. Es sieht daher fast so aus, als ob zwei schnell zerfallende

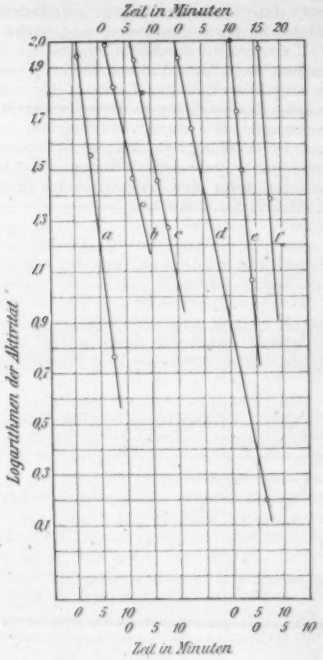

Fig. 5.

Produkte anwesend wären, von denen dann das eine eine kurze Lebensdauer (etwa einige Sekunden) haben müßte.

Vergleicht man den aktiven Niederschlag des Radiums mit dem von Thorium und Aktinium, so fällt auf, daß Radium *C* zwei Gruppen von β-Strahlen und eine Gruppe von α-Strahlen hat, während beim Thorium und Aktinium nur einheitliche Strahlen von den einzelnen Substanzen emittiert werden. Auch beim Thorium und Aktinium hat man nämlich bis vor kurzem den letzten Produkten α- und β-Strahlen zugeschrieben, bis wir den Nachweis erbrachten, daß die letzten Produkte komplex sind und sich aus mehreren Bestandteilen zusammensetzen, deren jeder entweder nur α- oder nur β-Strahlen aussendet. Schon daraus wird es wahrscheinlich, daß auch Radium *C* aus so vielen Substanzen besteht, als es Strahlengattungen emittiert.

Da die Rückstoßversuche aus Radium *C* nur minimale Wirkungen ergaben, so kann es als ausgeschlossen gelten, daß Radium C_1 α-Strahlen aussendet. Im Sinne der obigen Betrachtung

und im Hinblick auf unsere experimentellen Resultate wäre es also wohl möglich, sich Radium C in folgender Weise zusammengesetzt zu denken: Radium C besteht aus drei Substanzen: Radium C_1, Radium C_2, Radium C_3. Radium C_1 sendet entsprechend seiner langen Lebensdauer (19 Minuten) die weichere der beiden β-Strahlengruppen aus, während sich die schnelleren β-Strahlen und die α-Strahlen auf je eines der nachfolgenden rascher zerfallenden Produkte verteilen. Auffallend bleibt bei alldem noch, daß die Wirkung, die wir erhielten, immer nur sehr gering war. Daher weisen auch unsere Kurven im allgemeinen nur wenige Punkte auf, zumal ein großer Teil derselben mit verhältnismäßig schwachen Präparaten aufgenommen wurde, da ja die Versuche mit der starken Emanation aus den angegebenen Gründen nicht einwandfrei waren. Es war deshalb auch völlig ausgeschlossen, die β-Aktivität der schnell zerfallenden Substanz zu untersuchen und auf ihre einheitliche Absorption in Aluminium zu prüfen.

Falls aus dem Radium C noch eine Substanz mit einer Periode von etwa 2 Minuten entsteht, so muß auch die theoretische Anstiegskurve aus reinem Radium B etwas anders verlaufen, als unter der Annahme eines einzigen Produktes bisher berechnet wurde. Wir haben uns bemüht, Anstiegkurven aus ursprünglich völlig reinem Radium B aufzunehmen, um auch dadurch eine Andeutung für die komplexe Natur von Radium C zu erhalten. In manchen Fällen schien es, als ob die beobachteten Resultate dies bestätigten. Da sich aber diese Abweichungen nur auf die allerersten Minuten beziehen und naturgemäß die α-Strahlenmessungen anfangs sehr lange dauern, so halten wir unsere Befunde nicht für sicher genug, um aus ihnen irgendwelche Schlüsse zu ziehen. Die für den Fall der komplexen Natur des Radium C sich notwendigerweise ergebende Verschiebung des Maximums nachweisen zu wollen, halten wir bei der kurzen Lebensdauer des Radium C_2 für aussichtslos.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Die Untersuchung der β-Strahlen des aktiven Niederschlags von Radium ergab für Radium B anscheinend eine einheitliche Strahlung; Radium C dagegen emittiert deutlich komplexe β-Strahlen.

2. Auf Grund der Annahme, daß komplexen β-Strahlen komplexe Substanzen entsprechen, muß Radium C als komplex betrachtet werden. Die zum Nachweis der komplexen Natur von Radium C angestellten Versuche ergaben ein positives Resultat.

3. Es wurden nach der Rückstoßmethode Aktivitäten hergestellt, deren Zerfallsperiode zwischen 1 und 2,5 Minuten schwankte. Radium C besteht also mindestens aus zwei Substanzen, Radium C_1 und Radium C_2.

4. Es liegen Anzeichen dafür vor, daß auch Radium C_2 aus zwei Substanzen besteht, von denen die eine mit einer Periode von wenigen Sekunden, die andere mit einer Periode von 2—2,5 Minuten zerfällt.

Der Jagor-Stiftung zu Berlin sagen wir unseren Dank für die liebenswürdige Gewährung von Mitteln zur Beschaffung von 10 mg $Ra\,br_2$.

Berlin, Chemisches Institut der Universität.

(Eingegangen 20. September 1909.)

Dämpfung elektrischer Schwingungen beim Funkenübergang in verschiedenen Gasen.

Von Curt Richter[1]).

Über Funkendämpfungen in Luft liegen Untersuchungen vor von Rempp, Eickhoff und Rausch von Traubenberg[2]), die im Anschluß an die Bjerknessche Meßmethode[3]) die Dämpfung des Entladefunkens einer Kapazität bestimmen. R. v. Traubenberg fand, daß die Dämpfungen wuchsen, wenn er der Reihe nach Luft durch Leuchtgas und dann durch Wasserstoff ersetzte. K. E. F. Schmidt[4]) stellte fest, daß der Funkenübergang in Wasserstoff den Schwingungen außerordentlich starke Dämpfungen erteilt und ferner, daß die Ausstrahlung solcher Schwingungen durch Antennen auf den $4\frac{1}{2}$ fachen Betrag der durch Luftfunken erzeugten vermindert wird. Auf Anregung des Herrn Prof. Dr. K. E. F. Schmidt[4]) suchte ich die Untersuchungen über den Einfluß der Gasart weiter zu fördern, und ermittelte den Einfluß folgender Gase auf die Dämpfung:

Luft	Stickstoff
Kohlensäure	Wasserstoff
Sauerstoff	Leuchtgas.

Die für die Versuche verwandte Schaltung (Fig. 1) ist die bekannte, auf der Bjerknesschen Resonanzmethode beruhende. Das Umformeraggregat (S) war an das Stadtnetz (220 Volt) angeschlossen; der durch den Generator erzeugte Wechselstrom speiste den Transformator (I) (ein Siemens & Halske Röntgeninduktor), der hier als Resonanzinduktor arbeitete. Die belastete Kapazität (K) von 8000 cm elstat. bestand aus 16 A.E.G.-Flaschen à 2000 cm elstat., die zu je 8 parallel hintereinander geschaltet

1) Auszug aus seiner Hallenser Doktorarbeit 1909. (Mitteilungen der physikalischen Versuchs-Station Halle-Crollwitz. No. 13.)

2) G. Rempp, Ann. d. Phys. **17**, 625, 1905; W. Eickhoff, diese Zeitschr. **8**, 494, 1907; R. v. Traubenberg, diese Zeitschr. **8**, 498, 1907.

3) V. Bjerknes, Wied. Ann. **55**, 121, 1895.

4) K. E. F. Schmidt, diese Zeitschr. **8**, 617, 1907.

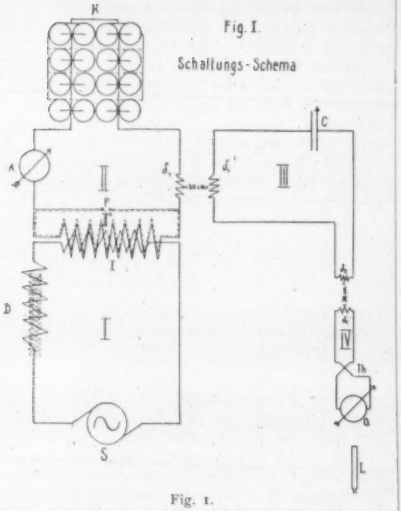

Fig. 1.

waren. Im dritten Kreise befand sich ein vorher geeichter Drehkondensator (Type der Telefunkengesellschaft. $^{22}/_{23}$. $c_{max} = 2700$ cm elstat.). Als Indikator wurde ein Thermoelement benutzt. Die Kurvenaufnahme geschah durch Variation der Kapazität des Kreises III in der Nähe des Resonanzpunktes unter gleichzeitiger Bestimmung des zugehörigen Galvanometerausschlages. Die Auswertung der so erhaltenen Kurven erfolgte nach einem von Prof. Dr. K. E. F. Schmidt auf Grund der Bjerknesschen Methode vereinfachten Verfahren[1]).

Besondere Beachtung verdient die Art der Ausführung der Funkenstrecke, sowie die Wahl einer zweckmäßigen Elektrodenform und eines hierfür geeigneten Materials. Zunächst gebrauchte ich eine, von Herrn Professor Dr. K. Schmidt bei seinen Versuchen mit Wasserstoff benutzte Funkenstrecke, die sich nach einigen Abänderungen weniger prinzipieller als praktischer Natur als durchaus ausreichend erwies. Während jedoch in ihrer ersten Form der Funke zwischen 2 plattförmigen Elektroden übersprang, von denen die eine etwas gewölbt war, verwandte ich später ringförmige Elektroden, bei denen ich eine verhältnismäßig größere Konstanz der Wirkung erzielte. Hinsichtlich des Elektrodenmaterials erwiesen sich die aus Zink hergestellten bei den großen Energiemengen als ungeeignet, da bei ihnen sich der Funken leicht einfraß und durch das hierbei entstehende veränderte Spannungsgefälle große Schwankungen in den Wirkungen eintraten. Die besten Resultate erzielte ich mit zwei in Messing eingebetteten Platinelektroden, deren innerer Durchmesser 3,6 cm und deren Dicke 2 mm betrug. Für Kohlensäure, Stickstoff, Sauerstoff und Luft zeigten sie gegenüber von Zink und Messing die größere Konstanz. Dagegen war es nötig, für Wasserstoff sie gegen gleichartige und gleich dimensionierte Messingelektroden auszutauschen, da infolge des Eindringens von Wasserstoff in Platin sich große Schwankungen in dem Systeme bemerkbar machten. Die gleichen Messing-Elektroden benutze ich auch für Leuchtgas.

Die in Figur 2 abgebildete Funkenstrecke besteht aus einem starkwandigen Glaszylinder, von 7 cm Höhe und 12 cm Breite, dessen obere Öffnung luftdicht durch einen Messingdeckel verschlossen ist. Die untere Öffnung ist mit einem Messingrande verkittet und kann mittels eines Bleiringes gut gedichtet, durch Schrauben auf einer Grundplatte befestigt werden. Die obere Deckplatte trägt ein Führungsrohr, in dem ein Hohlzylinder von 6 cm Durchmesser bewegt werden kann. Am anderen Ende dieses Zylinders befindet sich die eine Elektrode. Ihr gegenüber, auf der Grundplatte, ist die entsprechende Elektrode befestigt. Eine neben dem Führungsrohr angebrachte Skala ermöglicht eine genaue Einstellung der Funkenlänge. Die Gase treten durch eine Öffnung der Grundplatte ein und aus einem, mit der oberen Deckplatte verbundenem Rohre wieder aus. Dieses Rohr trägt ein mit Petroleum gefülltes Manometer, so daß der Gasdruck leicht kontrolliert und reguliert werden

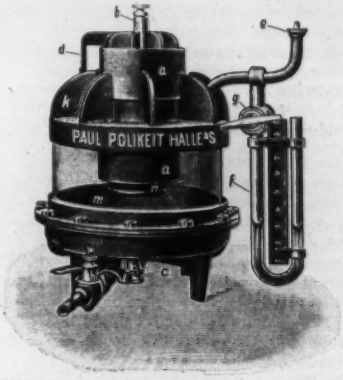

Fig. 2.

1) Die hierzu verwandten Dekrementtafeln sind noch nicht veröffentlicht.

kann. Die mit der äußeren Luft in Berührung kommenden Messingteile sind, zum schnelleren Fortleiten der entwickelten Wärme, mit starken Heizrippen versehen.

Die von mir verwandten Gase wurden den im Handel befindlichen Bomben entnommen und zwar

Wasserstoff . { Chemische Fabrik Griesheim (Bitterfeld).
Stickstoff } Sauerstoff } . { Berliner Markt- und Kühlhallen-Gesellschaft.
Kohlensäure . Zander-Halle.

Das Leuchtgas entnahm ich der Leitung der Stadt Halle.

Die Luft wurde mit einer Wasserstrahlpumpe durchgesaugt, nachdem sie vorher drei, mit Chlorkalzium und Natronkalk gefüllte Trockentürme passiert hatte. Zwischen Luftpumpe und Funkenstrecke war noch ein Trockenturm eingefügt, um vor eventuell zurücksteigender Feuchtigkeit gesichert zu sein. Der so erhaltene Luftstrom kann daher als möglichst rein von Kohlensäure und Wasserdampf angesehen werden. Der Druck aller Gase wurde auf eine konstante Höhe von 1,6 mm Quecksilber über Atmosphärendruck einreguliert. Die Beobachtungen vor und nach dem Versuche zeigten jedoch öfter kleinere Schwankungen.

Die Untersuchungen erstreckten sich bei allen Gasen auf eine Funkenlänge von 2—10 mm. Nur beim Wasserstoff gelang es nicht, bei kleinen Funkenlängen auswertbare Resonanzkurven zu erzielen, vielmehr ergaben die Versuche erst bei 8 mm Funkenlänge verwendbare Resultate. Man konnte jedoch hier die Untersuchungen bis zu 15 mm hin ausdehnen, ohne daß man befürchten mußte, durch eine zu große Belastung der Kapazität neue Zusatzdämpfungen zu erhalten. In Figur 3 ist das Ergebnis der von mir angestellten Untersuchungen zusammengefaßt. Die Kurven, die eine große Ähnlichkeit mit den von R. v. Traubenberg gefundenen haben, steigen von den größeren Funkenlängen an langsam, bei den kleineren jedoch schnell an. Es ist jedoch von den eingezeichneten Werten der Dämpfung der Betrag von etwa 0,05 abzuziehen als Dekrement des Meßkreises[1]). Aus den Kurven ergibt sich, daß von den untersuchten Gasen der Sauerstoff die kleinste Dämpfung zeigt. Die Unterschiede gegen Luft sind aber verhältnismäßig gering. Dabei ist noch zu beachten, daß bei dem Sauerstoff in den einzelnen Werten sehr lebhafte Schwankungen auftreten; bei ihm gehörte eine größere Anzahl Kurven dazu, um brauchbare Mittelwerte zu erhalten. Es machten sich überhaupt bei allen Gasen mit dem Kleinerwerden der Funkenlänge größere Schwankungen bemerkbar. Die Ursachen dieser Schwankungen sind auf verschiedenen Gebieten zu suchen. Ein Teil ist auf die, bei den kleineren Funkenlängen häufiger auftretenden Partialentladungen, zurückzuführen; ein anderer kommt auf Rechnung der häufigeren Funkenzahl; hierbei erfolgt die Ableitung der Wärme aus der Funkenbahn nicht schnell genug und hierdurch wird für die nächste Entladung ein geringeres Potential nötig, so daß die dem Meßkreis zugeführten Energiemengen geringer ausfallen und Schwankungen in den Galvanometerausschlägen hervorrufen. Außerdem fallen bei den kleineren Funkenlängen Schwankungen, die durch Unebenheiten der Elekroden oder durch Ungenauigkeiten der Einstellung verursacht sind, weit stärker ins Gewicht. Nicht unbeachtet darf es bei dieser Frage bleiben, daß die Gase zum Teil eine starke chemische Veränderung zeigten, die sich durch Ablagerung von Stoffen in fein verteilter Form an den Wandungen des Gefäßes und den Elektroden bemerkbar machte, und der sicherlich ein nicht geringer Einfluß auf die Schwankungen in dem Systeme zuzuschreiben ist.

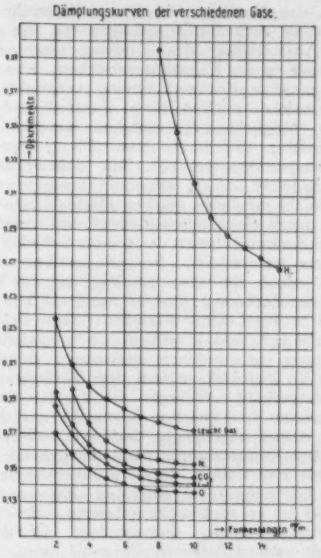

Fig. 3.

Es ist hier darauf hinzuweisen, daß die ermittelten Dekrementwerte nicht nur die Dämp-

1) Dieser Wert ist nachträglich aus den Dimensionen des Meßkreises durch Rechnung gefunden; er wird angenähert dem wirklichen Werte entsprechen.

fung des Funkens angeben. Vielmehr enthalten sie auch die Dämpfungswerte, die durch die Ausstrahlung des Kreises, sowie durch Verluste in der Kapazität entstehen. Um daher die gesuchte Funkendämpfung möglichst rein zu erhalten, mußten diese Zusatzdämpfungen nach Möglichkeit vermieden werden. Die Dämpfung, die durch Ausstrahlung der Verbindungsdrähte entsteht, läßt sich verhältnismäßig leicht auf ein Minimum bringen, durch die Wahl möglichst starken Drahtes einerseits, und durch ein möglichst enges und symmetrisches Zusammenbauen des ganzen Schwingungskreises andererseits. In ganz anderer Weise muß jedoch die dämpfende Wirkung der Kapazität in Rechnung gezogen werden. Die Verluste in den Leidner Flaschen setzen sich, wie Adelmann und Hahnemann[1]) nachwiesen, aus zwei verschiedenen zusammen, dem Verluste im Dielektrikum und dem Verluste durch Randstrahlung. Während die Verluste im Dielektrikum bei gleicher Spannung und Kapazität davon unabhängig sind, wie letztere aus gleichen Kondensatoren zusammengesetzt wird, wächst der Verlust durch Randstrahlung mit der Spannung des einzelnen Kondensators. Leider ist es noch nicht gelungen, diese Verluste zahlenmäßig festzustellen. In meiner Arbeit können daher in dieser Richtung keine Aussagen gemacht werden, da auch die von mir über den gleichen Gegenstand angestellten Versuche kein verwendbares Resultat zeitigten. Um jedoch die Flaschendämpfung auf ein Minimum zu reduzieren, verwandte ich zur Herstellung der 8000 cm elstat. Kapazität, 16 Flaschen à 2000 cm (elektrostat.), wodurch die Belastung der einzelnen Flasche sehr vermindert wurde. Um ferner die Randstrahlung nach Möglichkeit zu vermeiden, wurden die Ränder des Belages häufig mit Paraffinöl abgerieben, so daß selbst bei Dunkelheit kein Sprühen der Flaschen bemerkbar war. Es wird sehr wohl durch die Flaschen noch eine Zusatzdämpfung auftreten, doch kam es in der gestellten Aufgabe mehr darauf an, die Dämpfung des ganzen Systems zu bestimmen, als eine gesonderte Berechnung der Funkendämpfung zu geben.

Den Vergleich der von mir gefundenen Werte für Luft mit den Resultaten der Arbeiten von Rempp, Eickhoff und Traubenberg gibt folgende Tabelle.

Die absoluten Werte zeigen gegenüber denjenigen von Traubenberg noch ziemliche Abweichungen, doch stimmt der Verlauf der Kurven angenähert überein. Die Kurven von Rempp und Eickhoff zeigen jedoch ein ausgesprochenes Minimum, was lediglich durch

1) Adelmann u. Hahnemann, E.T.Z. 1908, S. 1010.

Dekrementwerte in Luft

Funkenlänge	Rempp $C = 6174$ cm	Eickhoff $C = 3000$ cm	Traubenberg $C = 8000$ cm	Richter $C = 8000$ cm
2 mm	0,119	0,148	0,130	0,137
3 „	0,090		0,100	0,121
4 „		0,123	0,080	0,109
5 „	0,078		0,075	0,102
6 „		0,103	0,070	0,097
7 „	0,081		0,065	0,095
8 „		0,108	0,063	0,093
9 „			0,062	0,091
10 „	0,094	0,113	0,061	0,090

die Zusatzdämpfung des Flaschenkreises bedingt ist. Ein direkter Vergleich der gefundenen Resultate ist noch nicht möglich, da hierfür verschiedene Faktoren einer einheitlichen Bestimmung bedürfen. Die Unterschiede der Dämpfung sind schon wesentlich bedingt durch die Verschiedenheit der Elektrodenform, durch die Art und Weise des Einflusses der Flaschendämpfung und durch die verschieden angewandten Meßmethoden. Eine Vergleichung der Resultate wird jedoch dann möglich sein, wenn die Arbeiten über Absolutmessungen der Funkendämpfung, die augenblicklich im Laboratorium des Herrn K. E. F. Schmidt vorgenommen werden, ihren Abschluß erreicht haben. Daß ein Einfluß der Elektrodenform (auf die Dämpfung) besteht, zeigen die Kurven der Fig. 4, die den Vergleich der Spannungen

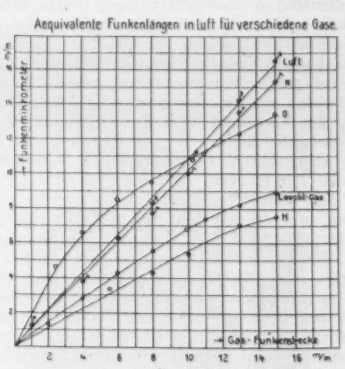

Fig. 4.

an der von mir verwandten Funkenstrecke, mit denen eines Funkenmikrometers in Luft (Zinkkugeln $r = 2{,}5$ mm) darstellen. Hierbei ist zu erkennen, daß die Linie für Luft nicht unter einem Winkel von 45^0 abgeht.

Zum Schlusse sei noch auf eine nach Ab-

schluß dieser Arbeit erschienene Veröffentlichung von M. Wien[1]) über Messungen des Funkenwiderstandes hingewiesen. Wien gelingt es mit Hilfe von Preßgaskondensatoren die Zusatzdämpfung durch die Leidner Flaschen auszuschalten und dadurch die reine Funkendämpfung zu bestimmen. Ebenso kann er hierdurch die Verluste in den Leidner Flaschen genau festlegen.

1) M. Wien, Ann. d. Phys. **29**, 679, 1909.

Halle a/S., Juli 1909.

(Eingegangen 13. September 1909.)

Über eine merkwürdige Nordlichterscheinung.

Von Ewald Wasmuth.

Am Abend des 5. August war in Steglitz-Berlin eine merkwürdige Lichterscheinung zu beobachten, welche anscheinend unter die Klasse der Nordlichte zu rechnen ist; aber doch einige sehr merkwürdige, von der Norm abweichende, Eigenschaften aufwies.

Ich bemerkte die Erscheinung zuerst gegen 10 Uhr, als mir die gelblichweiße Färbung des nördlichen Himmels auffiel. — Ich kann also über den Anfang der Erscheinung nichts berichten. — Da sie mir viel Ähnlichkeit mit der Erscheinung vom 30. Juni vorigen Jahres[1]) zu haben schien, beobachtete ich dieselbe genauer. Es breitete sich in einer Höhe von ungefähr 10^0 über dem Horizont, eine blaß-gelblich-weiße Wolke aus, deren größte Helligkeit sich um den Nordpunkt erstreckte und zwar überragte sie diesen um ungefähr je 20^0. Das Interessante an der Erscheinung aber war, daß der Himmel vollkommen bewölkt war und zwar mit ziemlich schweren Stratuswolken, deren Höhe ich auf höchstens 5000 m schätzen kann. In der leuchtenden Wolke schien im allgemeinen Ruhe zu herrschen, nur manchmal erschien es mir, als ob die hellste Stelle sich etwas nach Süden verschoben hätte. Die Helligkeit blieb bis ungefähr 20^0 über dem Horizont gleich, um dann langsam nach dem Zenit hin zu verblassen. Das Interessanteste ist aber, daß ich gegen $10^h\ 35^m$ p. m. drei heftigere elektrische Entladungen beobachten konnte, welche in der Wolke stattfanden.

Die erste derselben hatte die Form eines Zickzackblitzes, während die beiden anderen sich als Flächenblitze über das ganze leuchtende Feld hinzogen und vom Hauptteil einzelne Strahlen nach dem Zenit sandten. Diese Blitze waren von keinem eigentlichen Donner begleitet, sondern nur von einem schwachen Knattern, ähnlich einem entfernten Gewehrfeuer. — Es waren diese drei Blitze aber die einzigen, die ich an jenem Abend beobachtet habe. — Gegen $11^h\ 25^m$ p. m. verblaßte die Erscheinung zusehends, und nach wenigen Minuten blieb nur noch ein weißlicher Dunst im Norden. Ich beobachtete übrigens an demselben Abend ein Sankt Elmsfeuer.

Meines Wissens nach ist die Erscheinung, wie ich sie am 5. August beobachtete, höchst selten, denn ich habe nirgends eine Beschreibung eines ähnlichen Vorganges gefunden. Handelt es sich doch offenbar um eine Kombination eines Nordlichtes mit einem Gewitter. Ich erkläre mir die Erscheinung nicht als ein eigentliches Nordlicht, sondern als eine Art Glimmentladung der Wolken, und ich glaube, daß sie geeignet ist, ein Licht auf die Entstehung der Gewitterelektrizität zu werfen.

Steglitz/Berlin, den 6. August 1909.

(Eingegangen 9. August 1909.)

1) Diese Zeitschr. **9**, 606, 675, 847, 1908.

VORTRÄGE UND REDEN.

Einige Gelegenheiten zu astronomischen Arbeiten mit wohlfeilen Apparaten. (Some opportunities for astronomical work with inexpensive apparatus.)

Von George E. Hale[1]).

Ich habe zuweilen sagen hören, die großen Kosten der modernen Observatorien wirkten in dem Sinne, daß sie solche Beobachter entmutigten, die mit kleinen Instrumenten arbeiten, Beobachter, die an der Verfolgung astronomischer Untersuchungen nicht weniger interessiert sind als die an den großen Instituten beschäftigten Astronomen. Wenn Leute, die sich an der Hand kleiner Teleskope und wohlfeiler Apparate mit Originaluntersuchungen beschäftigen, wenn solche Leute aus diesem Grunde irgendwie ernstlich entmutigt werden, so müssen wir uns meines Erachtens die Frage vorlegen, ob wir große Observatorien errichten sollen. In jeder Periode des Fortschrittes der beobachtenden Astronomie haben wir zwei besonders wichtige Punkte zu betrachten. Der eine betrifft die Ausführung sehr vieler Beobachtungen mit großer Übung sowie die Diskussion der Ergebnisse, der andere die Einführung neuer Gedanken und die Anfänge der neuen Me-

1) Stenogramm eines Vortrages in der Royal Astronomical Society zu London am 26. Juni 1907.

thoden, die bestimmt sind, die Astronomie der Zukunft auszumachen. Ich glaube, jeder von uns wird zugeben, daß die Einführung neuer Gedanken gerade so wichtig ist wie die routinierte Verfolgung von Untersuchungen, und daß, falls irgendeine Ursache dahin wirken sollte, solche Leute zu entmutigen, von denen die neuen Ideen vermutlich ausgehen würden, daß dann die Ursache einer solchen Entmutigung nach Möglichkeit zu beseitigen sein würde. Ich sage deshalb allen Ernstes, daß es eine wichtige Frage ist, ob wir große Observatorien, ausgerüstet mit leistungsfähigen Instrumenten, errichten sollen, wenn sie zur Folge haben, solche Leute abzuschrecken, die den Gegenstand mit minder kostspieliger Ausrüstung verfolgen und durch sorgfältige Erwägung der Forschungsmöglichkeiten die neuen Methoden einführen, die im weiteren Verlaufe der Zeit die Stelle der alten einnehmen werden. Ich glaube indessen, den Nachweis dafür erbringen zu können, daß die großen Observatorien eher eine Förderung als ein Hemmnis bedeuten müssen, wenigstens insofern, als sie uns zu neuen Forschungsmöglichkeiten führen, durch die wir mit einfachen Mitteln höchst wertvolle Ergebnisse erzielen können.

Ich spreche heute, wenigstens ist es meine Absicht, zum Amateur. Meine Definition des Begriffes „Amateur" ist aber vielleicht eine breitere als die allgemein geltende. Nach meiner Auffassung ist der Amateur ein Mensch, der auf astronomischem Gebiete arbeitet, weil er nicht anders kann, weil er diese Arbeit lieber verrichtet als sonst eine auf Erden, ein Mensch, der sich wenig um hemmende Traditionen oder um Schwierigkeiten irgendwelcher Art kümmert. Der „Amateur" also ist die Persönlichkeit, an die ich meine Bemerkungen richten möchte, einerlei, ob er in seiner Eigenschaft als Astronom von Beruf in Beziehung zu einem kleinen Observatorium steht, oder ob er auf eigene Faust mit ganz einfachen instrumentellen Hilfsmitteln arbeitet. Wenn ich mich aber an den Amateur wende, so möchte ich nicht von solcher Arbeit reden, die nur vom Standpunkte der Belehrung oder der Unterhaltung befriedigt. Das ist nicht meine Absicht. Wenn es möglich ist, mit einfachen Hilfsmitteln Untersuchungen auszuführen, die wirklich bedeutungsvoll und nutzbringend sein werden, so hoffe ich, einige Möglichkeiten dieser Art nachzuweisen. Ich möchte hier aber ausschließlich von solcher Arbeit sprechen, die erstklassig ist, und ich möchte nicht empfehlen, mit einfachen Instrumenten Untersuchungen auszuführen, die nicht gerade so wichtig sind wie andere Untersuchungen, die sich besser mit kostspieligeren Instrumenten anstellen lassen.

Das Problem gewinnt sonach folgenden Charakter: Es sind die Vorteile großer und kleiner Teleskope für verschiedene Arten von Untersuchungen gegeneinander abzuwägen; es ist weiter die Möglichkeit zu erörtern, wirklich leistungsfähige Instrumente mit mäßigen Kosten herzustellen. Ich kann nicht den Anspruch erheben, dieses umfangreiche Problem nach allen Seiten hin zu erörtern; ich will nur einige Gesichtspunkte erwähnen, und dem Problem nur von einer einzigen Seite aus näher rücken. Bevor ich aber auf die Einzelheiten dieser Erörterung eingehe, darf ich wohl noch sagen, daß die Vorstellung, die man sich zuweilen von den neueren Observatorien bildet, der Gedanke, daß gewaltige Summen Geldes, vielleicht ohne das rechte Gefühl für die Ökonomie, verausgabt werden, daß diese Vorstellung nicht immer ganz begründet ist. Ich bin nämlich fest überzeugt, wenn Sie — um einen einzelnen konkreten Fall als Beispiel zu wählen — uns in Kalifornien besuchen würden, so würden Sie zugeben, daß wir die ökonomische Seite der Frage in Betracht gezogen haben, daß wir vielleicht in manchen Fällen in unserem Bestreben, Geld für Instrumente zur Untersuchung zu sparen, und nach bestimmten Richtungen, wo Geld gespart werden kann, auch Ersparnisse zu machen, gar zu weit gegangen sind. Beispielsweise würden Sie finden, daß unsere Arbeitsräume, unsere Gebäude den denkbar einfachsten Charakter tragen und möglichst wenig Aufwand zeigen, daß dagegen unsere Instrumente und unsere maschinelle Einrichtung so leistungsfähig sind, wie wir sie nur irgend gestalten können. Die großen Kosten, die ein Observatorium wie das Solar Observatory auf dem Mount Wilson erfordert, rühren zum großen Teile nicht sowohl von dem Preise der Instrumente her, die wir für die Erforschung der Sonne verwenden, als vielmehr von der Überwindung der Schwierigkeiten, denen man begegnet, wenn man die Lage auf einem Berge ausnutzen will, wo es an den gewöhnlichen Transportmitteln fehlt, sowie von dem Bau großer Äquatorialreflektoren zur Sternforschung, die, wenn sie wirklich leistungsfähig sein sollen, nicht billig zu kaufen sind.

Ich möchte nun zu der uns beschäftigenden Frage kommen und einige Vorzüge und Nachteile großer und kleiner Instrumente beleuchten. Sie gestatten mir vielleicht, daß ich Ihnen beim ersten Bilde sage, daß ich ein gewisses Recht dazu habe, mich an eine solche Erörterung zu machen, weil ich den Gegenstand von dem Standpunkte eines Mannes aus betrachtet habe, der kleine und wohlfeile Instrumente verwendet. Bei meinen ersten spektroskopischen Arbeiten, die ich in einem Zimmer meines elterlichen

Hauses ausgeführt habe, benutzte ich Instrumente einfachster Art und größtenteils eigener Konstruktion. Später errichtete ich ein kleines Gebäude für ein Konkavgitter von 10 Fuß Brennweite, und die Apparatur war bei aller Leistungsfähigkeit nicht kostspielig. In der Folge kamen dann ein Turm und eine Kuppel hinzu, und es wurde ein Zwölfzöller zu photographischen Untersuchungen an der Sonne aufgestellt. Nachdem die Vorversuche beendet waren und der Spektroheliograph angefangen hatte, Gestalt zu gewinnen, kam mir der Gedanke an die Möglichkeit, seine Leistungen durch die Anwendung eines größeren Teleskops wesentlich zu verbessern. Aus diesem Grunde machte ich große Anstrengungen, ein großes Instrument für diese Sonnenforschungen zu gewinnen. Der Erfolg, der der Opferwilligkeit des Herrn Yerkes zu danken ist, war der Yerkessche Vierzigzöller, der sich als sehr nutzbringend für die Erweiterung der spektroheliographischen Forschung erwies. Das nächste Bild zeigt Ihnen dieses Instrument; wie Sie sehen, ist es eine große und teure Maschinerie. Die Frage läuft nunmehr geradezu darauf hinaus: Worin liegen die Vorteile eines solchen Fernrohres, etwa gegenüber einem sechszölligen oder vielleicht einem vierzölligen Äquatorial? Ist es möglich, mit einem sechszölligen Äquatorial eine Arbeit auszuführen, die an Bedeutung mit der Arbeit vergleichbar ist, die sich mit einem Vierzigzöller ausführen läßt?

Das nächste Bild wird Ihnen zeigen, daß der Übergang von dem Zwölfzöller von Kenwood zu dem Vierzigzöller von Yerkes, zum mindesten für die Sonnenphotographie, einen Vorteil bedeutete. Ganz kleine Details der Fackeln, die zuvor nicht bekannt waren, kamen zum Vorschein. Es läßt sich aber leicht zeigen, daß die Vorteile des Vierzigzöllers für die meisten Untersuchungen auf dem Gebiete der Sonnenforschung mehr auf dessen großer Brennweite beruhen als auf seiner großen Apertur[1]).

Wir wollen nun zu einem anderen Beispiele übergehen. Wir haben hier ein Bild des Mondes, das Herr Professor Ritchey mit dem Zwölfzöller von Kenwood aufgenommen hat. Wie Sie bemerken werden, liegt in der Nähe des Erleuchtungskreises der Krater Theophilus, den wir auf dem nächsten mit dem Vierzigzöller photographierten Bilde wieder sehen werden. Diese Aufnahme von Herrn Professor Ritchey ist vermutlich eine der besten bisher gemachten Photographien der Mondoberfläche, und der Vorteil des Vierzigzöllers tritt hier deutlich zutage[1]). Nehmen wir aber einen anderen Fall, den uns das nächste Bild zeigt, so wird es ganz offensichtlich, daß für mancherlei Untersuchungen das Yerkessche Teleskop nicht recht geeignet ist. Wir sehen hier ein Bild des Andromeda-Nebels, das mit dem Vierzigzöller aufgenommen worden ist. Sie sehen, wie wenig es erkennen läßt, weil ein Teleskop mit großer Brennweite, wenn es nicht eine sehr große Apertur besitzt, für die Photographie schwacher Nebel nicht recht geeignet ist. Vergleichen wir dieses Bild mit dem nächsten, das Herr Professor Ritchey mit dem zweifüßigen Reflektor (von acht Fuß Brennweite) aufgenommen hat, so erkennen wir ohne weiteres, daß der Vierzigzöller, ungeachtet seiner großen Vorteile für gewisse Arten von Untersuchungen, für andere Forschungen gänzlich ungeeignet ist. Wie Sie wissen, würde ein Refraktor von viel kleinerer Apertur und von kürzerer Brennweite ebenfalls eine Photographie des Andromeda-Nebels liefern, die jeder mit dem Vierzigzöller möglichen Aufnahme bei weitem überlegen sein würde.

Betrachten wir nun das folgende Bild. Es zeigt das zehnzöllige Teleskop von Bruce, wie es auf dem Mount Wilson aufgestellt war; dort benutzte es Herr Professor Barnard, um die Milchstraße zu photographieren. Sie sehen hier ein Instrument, das im Vergleich zu dem Yerkesschen Teleskop sehr klein und billig ist. Es hat eine zehnzöllige Brashearsche Linse von fünfzig Zoll Brennweite, und am Tubus sind seitlich einige kleinere Kammern angebracht. Mit einem solchen Instrumente lassen sich prachtvolle Photographien der Milchstraße aufnehmen, wie Sie eine im folgenden Bilde sehen, Photographien, die für Untersuchungen über die Verteilung der Sterne in diesem Gebiete des Himmels unentbehrlich sind. Ausgezeichnet arbeitet auch eine viel kleinere Linse, die ganz einfach montiert ist[2]). Ein schönes Beispiel für eine mit einer Porträtlinse durchgeführte systematische Untersuchung bietet die photographische Karte des nördlichen und südlichen Himmels von Franklin-Adams.

Es ist kaum nötig, daran zu erinnern, daß der Vierzigzöller eine solche Arbeit überhaupt nicht leisten könnte. Würden wir mit ihm die Milchstraße zu photographieren ver-

1) Soweit es sich um das Auflösungsvermögen handelt, würde eine Apertur von acht Zoll ausreichen, um die Photographie der kleinsten bekannten Details in den Fackeln zu ermöglichen.

1) Hier wird wiederum das Auflösungsvermögen im sichtbaren Gebiet nicht voll ausgenutzt; die große Apertur ist aber deshalb von Vorteil, weil sie gestattet, das große Bild mit sehr kurzen Expositionszeiten zu photographieren.

2) Herr Professor Barnard hat im Astrophysical Journal einige der wundervollen Resultate wiedergegeben, die er mit einer billigen Projektionslinse aus einem gewöhnlichen Stereoptikon erhalten hat. Fig. 1 auf Tafel IX gibt eine der Photographien wieder, die er mit dieser Linse erhalten hat.

suchen, so dürften wir ein ganz kleines Gebiet in sehr großem Maßstabe erhalten; aber wenn es darauf ankäme, uns irgendwelchen Begriff von der allgemeinen Verteilung der Sterne in der Milchstraße zu geben, so würde der Vierzigzöller ganz und gar versagen. Wenn es sich hingegen darum handeln würde, irgendeinen Sternenhaufen zu untersuchen, etwa den auf diesem Bilde dargestellten, der allerdings nur ein sehr kleines Gebiet der Milchstraße einnehmen würde, so würde uns der Vierzigzöller in den Stand setzen, die einzelnen Sterne herauszugreifen und die Vorgänge an ihnen, die Änderungen ihres Lichtes und ihrer Lage zu verfolgen, während sich an Photographien, die mit einer Porträtlinse aufgenommen wären, eine solche Arbeit nicht würde ausführen lassen.

Ich habe Ihnen diese mannigfaltigen Bilder in der Absicht vorgeführt, um die Ihnen allen bekannte Tatsache zu betonen, daß jedes Instrument sein besonderes Arbeitsfeld hat, auf dem es verschiedene Forschungen ausführen oder deren Ausführung ermöglichen kann, die nicht im Bereiche der Fernrohre anderer Gattungen liegen. Ich möchte aber nunmehr die Frage etwas mehr im einzelnen behandeln. Dabei werde ich mich fast ausschließlich auf Beobachtungen der Sonne beschränken, obgleich man den Gegenstand auch von vielen anderen Richtungen aus angreifen könnte. Der erste Punkt ist nun folgender: Denken wir uns, jemand habe ein kleines Fernrohr von vier oder sechs Zoll Apertur und möchte damit die Sonne beobachten. Nehmen wir weiter an, er habe zunächst keinerlei weitere Hilfsmittel in Gestalt von Spektroskopen, sondern wolle einfach direkte Beobachtungen an der Sonne machen. Gibt es gegenwärtig Arbeit für ein derartiges Instrument? Wenn Sie die Literatur über den Gegenstand durchmustern werden, so werden Sie vielleicht überrascht sein, zu finden, daß viele Jahre verflossen sind, seit sehr sorgfältige und ausführliche Untersuchungen wie die von Langley ausgeführt worden sind, Untersuchungen, die vielleicht von manchen Astronomen nahezu vergessen sein mögen, die aber von denen unter uns sicherlich nicht vergessen sind, die die Sonne verfolgen und mit dem Aussehen der Flecken bei guter Definition vertraut sind. Das nächste Bild zeigt die bekannte Zeichnung eines typischen Sonnenfleckens von Langley (siehe Fig. 2 auf Tafel IX). Sie werden sich, wenn Sie die Sonne systematisch beobachtet haben, erinnern, daß, so oft die Bedingungen besonders günstig werden, die Struktur der Sonnenflecken dieser Zeichnung mehr und mehr ähnlich wird. Die Zeichnung ist eine typische; sie stellt keinen bestimmten Sonnenflecken dar; sie vereinigt Beobachtungen an verschiedenen Flecken; aber im allgemeinen sehen die Einzelheiten an einem Sonnenflecken allerdings sehr ähnlich so aus, wie sie diese Zeichnung darstellt, vorausgesetzt, daß der Sonnenflecken scharf genug umschrieben ist, um die Einzelheiten genügend erkennen zu lassen. Dieser Gegenstand ist lange Zeit hindurch arg vernachlässigt worden, und es würde für Beobachter mit großen und mit kleinen Instrumenten eine lohnende Aufgabe sein, Sonnenflecken zu beobachten, und viele Einzelheiten ihrer Struktur zu untersuchen, die noch dunkel und schwer verständlich sind[1]). Natürlich muß dann die Frage nach dem Auflösungsvermögen des Instrumentes in Betracht gezogen werden. Ein Vierzöller, der Objekte im Abstande einer Bogensekunde zu trennen vermag, würde für die feinsten Details in einem Sonnenflecken nicht geeignet sein. Nach Langley weisen die Fasern der Penumbra zuweilen eine Struktur auf, die beträchtlich kleiner ist, als ein solches Teleskop sie noch zeigen würde. Ein Zehnzöller oder ein Zwölfzöller aber würde alles zeigen, was jemals an einem Sonnenflecken beobachtet worden ist, und Instrumente dieser Größe stehen für derartige Beobachtungen reichlich zu Gebote[2]). Selbst ein viel kleineres Fernrohr würde bei sorgfältiger und systematischer Anwendung viel zur Erweiterung unserer Kenntnis von den Sonnenflecken und von der Struktur der Sonnenoberfläche beitragen. Ich könnte bei diesem Gegenstande noch länger verweilen, aber die Zeit dürfte kaum ausreichen, um mir dies zu gestatten.

Wir wollen jetzt den Fall der Protuberanzen betrachten. Wenn wir ein kleines Spektroskop zur Verfügung haben, etwa das wundervolle kleine Instrument, das Evershed entworfen hat, oder das von Thorp konstruierte[3]), oder gar ein noch einfacheres selbstgebautes Instrument, und wenn wir dieses Spektroskop an einem vier- oder sechszölligen Fernrohr anbringen, so haben wir eine nahezu ideale Ausrüstung für die Beobachtung der Sonnenprotuberanzen. Ein Instrument, wie der Vierzigzöller ist in der Tat für derartige Arbeiten

1) Es würde beispielsweise sehr interessant sein, die Struktur der Umbra zu untersuchen, wie sie sich bei Betrachtung durch eine winzige Nadelöffnung in der Brennebene eines Positivokulars darstellt, wie es vor vielen Jahren Dawes getan hat.

2) Wir dürfen nicht vergessen, daß die Photographie, was den Nachweis der feinsten Struktur der Sonnenflecken angeht, noch der visuellen Beobachtung nachsteht. Es ist indessen kaum zu bezweifeln, daß man neue und wertvolle Ergebnisse erhalten würde, wenn man nur die Umbra und die Penumbra auf die Platte fallen lassen und die Expositionsdauer passend bemessen würde. Der Amateur wird leicht mancherlei Arbeitsgelegenheit auf diesem Gebiete finden.

3) Ich möchte besonders auf die Sonnenspektroskope und auf andere wohlfeile Instrumente hinweisen, die Herr Thomas Thorp in Manchester herstellt. Ein solches Instrument, und zwar ein Polarisationshelioskop, hat auf dem Mount Wilson ausgezeichnete Dienste geleistet.

gänzlich ungeeignet. Den Grund hierfür werden Sie sogleich erkennen. Wenn Sie die ganze Protuberanz beobachten wollen, so ist ihr Bild in der Brennebene des Vierzigzöllers gewöhnlich so groß, daß Sie den Spalt nicht genügend weit öffnen können, um die Protuberanz zu fassen, ohne zu viel Himmelslicht mit einzulassen. Für eine Untersuchung der allgemeinen charakteristischen Merkmale der Protuberanzen hat daher das kleine Instrument einen großen Vorzug vor dem großen. Eine systematische visuelle Untersuchung über Sonnenflecken mit Hilfe des Vierzigzöllers kam für uns praktisch gar nicht in Frage. Wenn die Bedingungen besonders schön waren, konnten wir die Struktur gewisser Protuberanzen studieren, und ich habe niemals etwas Merkwürdigeres gesehen als derartige Einzelheiten, wenn sie unter den günstigsten Gesichtsverhältnissen auftraten. Mit dem uns zu Gebote stehenden Spektroskop und unter gewöhnlichen atmosphärischen Verhältnissen aber konnten wir von der allgemeinen Gestalt und Verteilung der Protuberanzen keine Aufnahmen machen, die ihrem Werte nach mit den Aufnahmen, die man mit kleinen Fernrohren erhalten kann, verglichen werden könnten.

Einigen unserer englischen Amateure sollte es vorbehalten bleiben, in allerjüngster Zeit zu zeigen, daß man Gegenstände an der Sonnenoberfläche, die vielen früheren Sonnenforschern entgangen waren, jederzeit, wenn die Verhältnisse günstig sind, mit einem ganz kleinen Instrument beobachten kann. So haben zum Beispiel die Herren Buß und Captain Daunt, und, wie ich glaube, noch einige andere Amateure, die Sonne mit derartigen Instrumenten beobachtet und auf der Sonnenscheibe dunkle Gebiete zu sehen vermocht, in denen die D_3-Linie verstärkt ist, eine Beobachtung, die meiner Meinung nach bisher noch niemals systematisch verzeichnet worden ist. Beobachtungen der dunklen D_3-Linie auf der Sonnenoberfläche wurden bisher als ungewöhnliche und sehr bemerkenswerte Erscheinungen erwähnt, und soweit ich die einschlägige Literatur durchgesehen habe, sind die dunklen Wasserstoffackeln auf der Sonne seitens der früheren Spektroskopiker sicherlich niemals beobachtet worden. Die genannten Herren haben sie jedoch, wenigstens zuweilen, gesehen. Ich kann dies aus eigener Kenntnis bestätigen, denn bei einer Gelegenheit, als Herr Buß einen der ganz eigenartigen dunklen Wasserstoffackeln beschrieben hatte — derartige Fackeln erscheinen sehr viel dunkler als die gewöhnlichen, wie sie täglich mit dem Spektroheliographen photographiert werden —, sah ich unsere Photographien von dem betreffenden Tage durch und fand das Bild von dem Spektroheliographen genau so aufgezeichnet, wie es beschrieben war. Wenn ich daher zuvor ein wenig an der Möglichkeit gezweifelt hatte, diese Objekte mit einer derartigen Ausrüstung zu sehen, so ließ ich allen Zweifel fahren, nachdem ich diesen Vergleich angestellt hatte[1]). Man kann vielleicht sagen, daß es kaum angängig sein dürfte, derartige Erscheinungen mit einem großen Teleskop in einigermaßen befriedigender Weise zu beobachten. Ein kleines Teleskop ist für Untersuchungen dieser Art sehr viel vorteilhafter. Sobald es möglich sein wird, wollen wir ein kleines Äquatorial aufstellen, um damit diese Objekte zu betrachten und sie mit unseren Photographien zu vergleichen, da wir ja nunmehr aus den Arbeiten der genannten englischen Herren die Möglichkeit kennen gelernt haben, sie zu beobachten. Wir werden indessen keine systematischen Arbeiten auf diesem Gebiete unternehmen, weil, wie ich hoffe, die wertvollen Beobachtungen, die hier im Gange sind, fortgesetzt werden. Das D_3-Bild der Sonne ist bisher mit dem Spektroheliographen noch nicht aufgenommen worden. Wir haben Versuche nach dieser Richtung hin angestellt, die aber bisher noch zu keinem Erfolge geführt haben. Wir müßten imstande sein, die Sonne mit der D_3-Linie zu photographieren, doch das ist noch nicht geschehen. Die einzigen Aufnahmen, die existieren, sind die von den Mitgliedern der British Astronomical Association gemachten. Solche Beobachtungen sollten in Verbindung mit anderen Sonnenbeobachtungen ausgeführt werden, wie dies gegenwärtig in der Tat geschieht. Die charakteristischen Merkmale der Wasserstofflinien werden zur selben Zeit beobachtet, wie diese D_3-Bilder aufgenommen werden; infolgedessen können etwaige Beziehungen zwischen beiden festgestellt werden. Ich kann bei diesem überaus interessanten Gegenstande nicht länger verweilen. Es bietet sich hier reichlich Gelegenheit zu weiteren Arbeiten von hoher Bedeutung.

Ich muß nun zu der Frage nach den Spektren der Sonnenflecken übergehen. Ich brauche Ihnen kaum zu sagen, daß visuelle Beobachtungen der Spektren von Sonnenflecken zuweilen wertvoller sind als die nach photographischen Methoden erhältlichen. Betrachten wir beispielsweise die Linien im grünen Spektralgebiet. Diese Photographie wird sie zur Genüge zeigen. Wir haben hier die *b*-Gruppe im Spektrum eines Sonnenflecks sowie im Spektrum der Photosphäre. Wir sehen im Sonnenfleck eine große Anzahl feiner Linien, die von Young und Maunder schon vor langer Zeit beob-

1) Soweit ich es übersehe, lassen sich nur die hervortretenderen dunkeln Fackeln mit dem Auge beobachten.

achtet worden sind und gegenwärtig sehr eingehend untersucht werden. Die meisten dieser feinen Linien, die ein leistungsfähiges Instrument photographisch zeigt, kann man mit einem kleinen Spektroskop, das man an einem Sechszöller oder vermutlich auch an einem Vierzöller anbringt, visuell beobachten, und ebenso kann man viele andere Phänomene mit einer ähnlichen Ausrüstung visuell beobachten, die man überhaupt nicht photographieren kann[1]). Es bietet einen gewissen Vorteil, solche Spektren mit einem größeren Fernrohr zu beobachten, vorausgesetzt, daß der betrachtete Sonnenfleck klein ist. Wenn aber der Sonnenfleck ziemlich groß ist (und bisher hat noch niemand Zeit gehabt, die Spektren kleiner Sonnenflecken systematisch zu beobachten), so bietet es nach meinem Dafürhalten keinerlei Vorteil, ein großes Fernrohr zu haben, um das Bild der Sonne auf den Spektroskopspalt zu entwerfen. Es handelt sich nur darum, ein Bild von mäßigen Dimensionen auf dem Spalt zu erhalten, und das Weitere besorgt dann das Spektroskop. Soweit es sich daher um größere Flecken handelt, reicht für visuelle Untersuchung ihrer Spektren ein kleines Fernrohr gerade so gut aus wie ein großes.

Ich werde gleich auf die Frage nach den relativen Vorzügen des photographischen und des visuellen Verfahrens zurückkommen, wenn es gilt, die Spektren von Sonnenflecken zu beobachten. Ich möchte aber im Vorbeigehen betonen, daß für Untersuchungen an der Sonne der Vierzigzöller gewisse ganz ausgesprochene Vorzüge hat. Wenn man beispielsweise das Spektrum der Chromosphäre beobachten will, so werden die Vorteile der großen Brennweite ohne weiteres klar. Die Breite des Spektroskopspaltes ist wesentlich konstant; der Chromosphärenbogen muß eine bestimmte lineare Breite auf dem Spalte haben, um die Beobachtung der Basis der Chromosphäre zu gestatten. Infolgedessen bietet denn das Spektrum der Chromosphäre, mit dem Vierzigzöller betrachtet, ein merkwürdiges Bild, das Tausende von Linien zeigt, die in einem mit kleiner Brennweite erzielten Bilde der Sonne nicht herauskommen.

Wir haben hier also ein Beispiel für die Vorteile einer beträchtlichen Brennweite für bestimmte Zwecke. Ich glaube, es handelt sich hier nicht so sehr um die Apertur des Fernrohrs; wir dürfen nämlich, wenn wir die optische Seite der Frage berücksichtigen, nicht vergessen, daß die Helligkeit des Spektrums (bei konstanter Reinheit) ganz unabhängig von der linearen oder der Winkel-Apertur des Objektes ist, welches das Bild der Sonne auf den Spektroskopspalt entwirft[1]). Man tut vielleicht gut daran, sich gegenwärtig zu halten, daß das hellste Sonnenspektrum, das man erhalten kann ohne Verwendung jeglichen Fernrohrs zur Bilderzeugung auf dem Spalte gewonnen wird, sondern einfach mit einem Kollimator von passender Winkelapertur. Ein großes Sonnenbild ist aber oft vorteilhaft, und ein Äquatorial von großer Brennweite ist notwendig ein kostspieliges Instrument. Die Apertur ist in dem eben erwähnten Falle weniger wichtig als die Brennweite; aber selbst wenn die Apertur nur sechs Zoll betragen und die Brennweite unverändert bleiben würde, so müßte der Tubus immer noch 64 Fuß lang sein, und die Montierung würde nicht weniger kosten als die des Yerkesschen Fernrohres. Wenn wir also ein Instrument von großer Brennweite haben wollen und doch die Ausgaben auf vernünftiger Höhe halten wollen, so müssen wir ein Fernrohr einer anderen Type verwenden. Es sind viele andere Gründe vorhanden, die es wünschenswert machen, für gewisse Arten von Untersuchungen an der Sonne ein feststehendes Fernrohr zu benutzen, obschon ich der letzte sein würde, der behauptete, daß der Vierzigzöller nicht ein nahezu vollkommen befriedigendes Instrument dieser Art ist. Er zeigt, wie wir sahen, Unbequemlichkeiten und Nachteile bei gewissen Arten von Untersuchungen; auf anderen Gebieten aber treten seine überlegenen Eigenschaften von Tag zu Tag deutlicher hervor, je mehr der Beobachter sie zu würdigen lernt. Ich wünschte nur, wir könnten uns auf dem Mount Wilson ein solches Fernrohr leisten (oder auch gar einen viel kleineren Äquatorial-Refraktor); es würde uns für viele Zwecke von großem Nutzen sein.

Ich will jetzt einige der Möglichkeiten für ein feststehendes Fernrohr betrachten und Ihnen zum Vergleich ein Bild des Snowschen Teleskops (Tafel X) zeigen, das jetzt auf dem Mount Wilson in Gebrauch ist. Sie sehen hier einen Cölostaten mit einem Spiegel von 30 Zoll Durchmesser. Das Licht fällt auf einen zweiten

1) Seit dieser Vortrag gehalten worden ist, sind auf dem Mount Wilson mit dem dreißigfüßigen Spektrographen und dem „Turm"-Fernrohr weit bessere Photographien von Sonnenfleckenspektren aufgenommen worden. Es bleibt indessen immerhin richtig, daß man bei visueller Beobachtung von Sonnenfleckenspektren mancherlei wichtige Resultate erhalten kann, die noch außerhalb der Reichweite der Photographie liegen.

1) Wenn die Brennweite des Kollimators begrenzt ist (wie es gewöhnlich bei einem Spektroskop der Fall ist, das mit einem Äquatorial verbunden ist), so gestattet eine Erhöhung des Öffnungswinkels des Fernrohrs eine Erhöhung der linearen Apertur des Spektroskops, und infolgedessen seines Auflösungsvermögens und der Helligkeit des Spektrums, bis zu einer durch die Größe des verfügbaren Gitters festgesetzten Grenze. Bei einem Cölostatfernrohr gelten indessen nicht dieselben Bedingungen, weil man die Apertur des Spektroskops einfach durch Vergrößerung der Brennweite des Kollimators steigern kann.

Spiegel und wird dann auf einen Hohlspiegel von 60 Fuß Brennweite (Fig. 4 auf Tafel X) reflektiert, der es zurückwirft und ein großes Bild der Sonne im Laboratorium entstehen läßt. Dieses Instrument ist wirklich sehr einfach. Der erste Cölostat, den wir auf dem Mount Wilson aufstellten, war ein kleiner Apparat, den die Expedition des Yerkes Observatory bei der Eklipse von 1900 benutzt hatte; er war ursprünglich nicht für derartige Untersuchungen eingerichtet. Wir bauten deshalb einfach einen hölzernen Träger für den zweiten Spiegel und stellten mit Hilfe eines sechszölligen Objektivs von 60 Fuß Brennweite ein Fernrohr her, das für unsere Sonnenuntersuchungen ausgezeichnete Dienste leistete, bis dieser auf dem Berge Aufstellung fand.

Die nächste Photographie zeigt den mit dem Snowschen Fernrohr zusammen verwendeten Spektrographen. Er gehört der Littrowschen Type, oder der Type mit Autokollimation an und hat Spalt und Plattenträger am einen Ende eines langen Tubus und Linse und Gitter am andern. Das Licht des Sonnenbildes fällt, nachdem es durch den Spalt hindurchgegangen ist, auf die Linse, die in 18 Fuß (ihrer Brennweite) Entfernung steht. Die Strahlen werden somit parallel gemacht, treffen nunmehr auf das Gitter und werden auf die Linse zurückgeworfen, die ein Bild des Spektrums auf der photographischen Platte gleich oberhalb des Spaltes entstehen läßt. (Das Gitter ist nämlich ein klein wenig rückwärts geneigt.) Eine solche Ausrüstung (bestehend aus feststehendem Fernrohr und Spektrographen) läßt sich außerordentlich einfach in billiger Form bauen. Cölostaten beispielsweise sind heutzutage für Eklipsenuntersuchungen allgemein gebräuchlich. Man kann einen Cölostaten mit einem Spiegel von nur sechs Zoll Durchmesser und einem zweiten Spiegel von ungefähr vier Zoll Durchmesser und weiter etwa eine Fernrohrlinse von vier Zoll Apertur und vierzig Fuß Brennweite nehmen. Ein derartiges Instrument, das wirklich sehr billig zu kaufen sein würde, würde ein großes Sonnenbild liefern, das sich für mancherlei Untersuchungen über die Sonne eignen würde.

Ich will Ihnen im nächsten Bilde zeigen, wie wir in der eigentlichen Praxis unsere Spektrographen bauen. Sie sehen hier den leistungsfähigsten Spektrographen, der in den Laboratorien des Sonnenobservatoriums in Gebrauch ist. Sie finden hier einen kleinen Spalt, den ich bei meinem letzten Aufenthalt in London für ein paar Shilling bei Hilger gekauft habe. Alle übrigen Teile des Spektrographen, mit Ausnahme einer Linse und des Gitters, hat ein Tischler in ein paar Stunden aus Holz aufgebaut[1]). Der hölzerne Träger für den Spalt und den Plattenhalter steht auf einem Konkretpfeiler und dicht an einer Öffnung in einer Scheidewand, die das eine Ende einer engen Dunkelkammer bildet. In achtzehn Fuß Abstand vom Spalt steht innerhalb der Dunkelkammer ein anderer Konkretpfeiler. Ein hölzerner Schlitten, der eine Linse trägt, und ein einfacher hölzerner Unterbau für das Gitter stehen auf diesem Pfeiler und vervollständigen den Spektrographen. (Auf Tafel XI ist ein ähnlicher Spektrograph abgebildet, der sich zum Gebrauche in einem offenen Raume eignet). Bei der Seltenheit der Gitter sind wir in der glücklichen Lage, ein Gitter benutzen zu können, das uns Herr Professor Ames von der Johns Hopkins University geliehen hat. Falls wir keine Reflexionsgitter hätten, so könnten wir sehr billig eine Kopie von Thorp oder von Wallace oder von Ives kaufen[2]), das eben so gute Photographien liefern würde, wie wir sie jetzt erhalten (allerdings würde wegen der kleineren Apertur die Expositionszeit länger sein). Die Photographien würden vielleicht sogar besser sein, denn unsere Photographien von Sonnenfleckenspektren (die mit dem ähnlichen Spektrographen des Snowschen Fernrohrs aufgenommen worden sind) sind keineswegs so, wie sie sein sollten und wie sie, wie ich hoffe, später einmal werden sollen[3]). Sie würden nicht einen Augenblick, was Vollendung und Schärfe anlangt, den Vergleich mit den prachtvollen Photographien des Sonnenspektrums aushalten, die Herr Higgs im Zentrum von Liverpool unter Bedingungen aufgenommen hat, die man für gewöhnlich selbst für eine belebte Stadt, in welcher unausgesetzt Straßenbahnwagen am Hause vorüberfahren, als sehr schlecht bezeichnen würde. Mit einem Spektrographen, den er mit Ausnahme des Gitters selbst gebaut hat, hat Herr Higgs die schönsten Photographien des Sonnenspektrums gemacht, die je entstanden sind, Photographien, von denen Rowland sagen würde, daß sie seine eigenen an der Johns Hopkins University gemachten übertreffen. Offensichtlich gehört noch etwas anderes als ein kostspieliges Instrument dazu, eine gute Photographie zu machen. Herr Higgs hat die Fähigkeit, die andere erwerben können, ausgezeichnete Schärfe

1) Mit Ausnahme des Plattenträgers, der Fabrikarbeit ist.

2) Diese Kopien sind keine Reflexionsgitter, und man kann daher in diesem Falle den Spektrographen mit Autokollimation durch einen solchen ersetzen, bei dem eine besondere Kamera-Linse zur Verwendung kommt. Bei der hier betrachteten Winkelapertur würden offenbar gute einfache Linsen für Kollimator und Kamera vollkommen ausreichen, wenn die photographische Platte unter dem richtigen Neigungswinkel eingestellt wird, so daß ein hinreichend großes Spektralgebiet scharf zur Abbildung gelangt.

3) Siehe Fußnote auf Seite 712 Spalte 1.

und hervorragende Photographien mit wirklich sehr einfachen Apparaten zu erhalten.

Mit einem Spektrographen von einem Zoll Apertur und zehn Fuß Brennweite in Verbindung mit einem feststehenden Teleskop von vier Zoll Apertur und vierzig Fuß Brennweite würde man in der Lage sein, gute Photographien von den Spektren der Sonnenflecken zu erhalten.

Worin bestehen nun die beiderseitigen Vorzüge der visuellen und der photographischen Beobachtung? Das nächste Bild zeigt Ihnen einige Photographien. Die obere stellt das Spektrum der Sonne dar und die untere das eines Sonnenfleckens. Diese Photographien sind zur Bestimmung der Wellenlängen unbekannter Linien besser als visuelle Beobachtungen, einfach deshalb, weil man die Lage einer Linie auf den Photographien viel besser ausmessen kann, als es bei visueller Beobachtung am Fernrohr möglich ist. Die Photographien sind auch besser zur Bestimmung des Intensitätsverhältnisses der Linien, besonders der schwächeren. Hiermit ist aber auch beinahe alles gesagt, was sich zugunsten der Photographien sagen läßt, und dabei haben wir viele der sehr bedeutenden Vorzüge visueller Beobachtung außer acht gelassen. Diese Photographien, die ich Ihnen jetzt zeige, stellen das gesamte Sonnenfleckenspektrum dar, wie es wirklich war. Selbst mit einem großen Bilde des Sonnenfleckens auf dem Spektrographenspalt (und hier sehen Sie, daß der Hauptwert unserer großen Brennweite darin liegt, daß wir ein großes Bild des Fleckens auf dem Spalt erhalten) können wir bislang noch nicht in ausreichender Weise winzige Unterschiede im Spektrum verzeichnen, die kleinen Einzelheiten im Flecken entsprechen. Wenn wir diese sehr wichtigen Unterschiede im Sonnenflecken studieren wollen, so müssen wir das, einstweilen jedenfalls, auf visuellem Wege tun. Beispielsweise erzählte mir dieser Tage Ihr Vorsitzender, Herr Newall, er habe gefunden, daß das Spektrum der äußeren Kante der Penumbra eines Sonnenflecks dieselbe charakteristische Verstärkung der Linien aufweist, die man an der Umbra beobachtet; das ist eine Tatsache, die sich vom Standpunkte der früher von mir vertretenen Hypothese schwer erklären läßt, wonach die Hauptursache der Änderung des Intensitätsverhältnisses der Linien in einem Sonnenflecken die verminderte Temperatur der Dämpfe in der Umbra sein soll. Ich hatte von dieser Beobachtung nichts gewußt; ich hatte seit vielen Jahren das Sonnenfleckenspektrum nicht mehr visuell beobachtet, und auf unseren Photographien ist diese Erscheinung nicht verzeichnet. Sie sehen also die entschiedene Überlegenheit visueller Beobachtungen in einem derartigen Falle. Ich könnte noch von weiteren Vorzügen reden. Nehmen wir zum Beispiel an, es fände infolge einer Eruption eine plötzliche Veränderung im Spektrum statt; die Chancen, gerade zu dieser Zeit eine Photographie zu erhalten, sind gering; visuelle Beobachtungen dagegen beanspruchen notgedrungen eine beträchtliche Zeitspanne, und während einer solchen könnten Eruptionen wahrgenommen werden[1]). Selbst einige wenige Resultate könnten von höchster Bedeutung sein, und sie würden in den Photographien vermutlich gänzlich übersehen werden. Ferner ist die Ausdehnung gewisser Linien über den Flecken hinaus auf die Photosphäre in unseren Photographien überhaupt nicht verzeichnet, weil bei dem von uns gewöhnlich angewandten Verfahren alles Licht von der Platte ferngehalten wird, mit Ausnahme des von der Umbra und vielleicht von einem Teile der Penumbra kommenden. Für gewöhnlich erhalten wir keine Spur von diesen Ausdehnungen, aber die aus dem Studium derartiger Erscheinungen zu ziehenden Schlüsse stehen möglicherweise in engem Zusammenhange mit unseren endgültigen Anschauungen über die Natur der Sonnenflecken selbst.

Ich will nur noch einen Punkt erwähnen: Die Umkehrung der Sonnenfleckenlinien, welche einige Beobachter gesehen haben, ist mit unseren heutigen Apparaten noch nicht photographiert worden. Ob sie in Zukunft einmal wird photographiert werden können, bleibt abzuwarten[2]). Sie werden aber sicherlich mit mir darin übereinstimmen, daß der visuelle Beobachter eine ausgezeichnete Chance hat, die ihm der photographische Beobachter unmöglich nehmen kann.

Ich möchte jetzt eingehender von einer anderen Erscheinung reden, die am letzten Abend hier zur Sprache gekommen ist, und die sich besondes gut zur Untersuchung an einem kleinen Bilde der Sonne eignet. Ich meine die Unterschiede zwischen dem Spektrum der Sonnenmitte und dem Spektrum der Sonnenscheibe in der Nähe des Randes, wie sie die nächste Photographie zeigt. Sie sehen hier das Spek-

1) Es ist natürlich wünschenswert, möglichst oft Aufnahmen zu machen, denn eine unter günstigen Umständen gewonnene photographische Aufzeichnung einer ausgesprochenen Veränderung im Spektrum kann viel wertvoller sein als die Ergebnisse einiger in Eile gemachter visueller Beobachtungen.

2) Einige dieser „Umkehrungen" haben sich, seit sie auf dem Mount Wilson photographiert worden sind, als Zeeman-Dupletts herausgestellt (oder als Dupletts, welche dieselben Polarisationserscheinungen aufweisen). Es scheint daher möglich, daß diese Doppellinien durch ein intensives Magnetfeld in den Sonnenflecken hervorgerufen werden. Falls dies der Fall sein sollte, wird sich ein wichtiges neues Feld der Forschung für solche Beobachter eröffnen, die visuell beobachten und Fernrohre von mäßiger Größe haben.

trum der Sonnenmitte und andererseits das Spektrum der Sonne an einem Punkte nicht weit vom Rande auf der Innenseite. Sie werden sofort sehen, welche merkwürdige Änderungen auftreten. Die breiten Linien (oder Banden) H_1 und K_1 nehmen stark an Breite ab, und dasselbe tritt meiner Ansicht nach bei allen Linien auf, die von „Flügeln" begleitet sind. In diesem Gebiete des ultravioletten Spektrums haben viele von diesen Linien Flügel, die nahe dem Sonnenrande verloren gehen oder doch sehr geschwächt werden. Das hat eine merkwürdige Veränderung im Aussehen des Spektrums zur Folge. Es treten noch mehrere andere Absonderlichkeiten auf. Diese Flügel ändern sich nicht nur stark hinsichtlich ihrer Intensität, sondern auch der mittlere Teil der Linie, der von den Flügeln anscheinend scharf unterschieden ist, erleidet gleichfalls eine ausgeprägte Intensitätsänderung; wir finden daher bei einer vorläufigen Durchsicht der Platten, daß die Linien, die in den Sonnenflecken verstärkt sind, im allgemeinen auch nahe dem Sonnenrande verstärkt sind, während andererseits die Linien, die in den Sonnenflecken geschwächt sind, im allgemeinen auch in der Nähe des Sonnenrandes geschwächt sind. Dies gilt nach meiner Ansicht in den weitaus meisten Fällen. Wir finden ferner noch etwas Merkwürdiges: Fast sämtliche Linien, die von Punkten in der Nähe des Sonnenrandes ausgehen, sind gegenüber den vom Mittelpunkte der Scheibe herrührenden Linien im Spektrum nach Rot hin verschoben. Es gibt aber einige auffallende Ausnahmen, und eine von diesen ist von größter Bedeutung: Die Linien in diesem kannelierten Stickstoffspektrum sind nicht merklich verschoben. Da wir nun aus Laboratoriumsversuchen wissen, daß Kanneln durch Druck nicht verschoben werden, während Linien in dieser Weise verschoben werden, so haben wir hier anscheinend eine interessante Bestätigung der Folgerung, zu der Halm früher auf Grund seiner visuellen Beobachtungen an zwei Linien im Rot gelangt ist, — daß nämlich die Verschiebung dieser Linien auf Druck zurückzuführen ist[1]).

Diese Untersuchung ist vielseitig; sie findet auf Vorgänge an der Sonne wie auf solche an Sternen Anwendung. Es ist Raum vorhanden für viele Forscher, die Resultate gewinnen können, welche ihrem Werte nach denen, die wir auf dem Mount Wilson erhalten können, gleichwertig und höchstwahrscheinlich überlegen sein werden. Ein großes Bild der Sonne ist nicht erforderlich, denn der Effekt ist in unserem Bilde von 6,7 Zoll in 2 bis 3 mm Abstand vom Rande sehr merklich. Es macht auch nichts aus, ob das Sonnenbild sehr scharf ist, oder nur einigermaßen. Der einzige wesentliche Punkt ist der, daß der Spektrograph recht leistungsfähig sein muß, und das ist etwas, was sich mit mäßigen Kosten verwirklichen läßt. Ich hoffe zu sehen, wie mehrere Forscher diese Frage in Angriff nehmen werden, wie sie die Verschiebungen und die Intensitätsverhältnisse der Fraunhoferschen Linien bestimmen, wie sie Anzeichen periodischer Veränderungen nachspüren, und wie sie eine Erklärung für diese merkwürdigen Erscheinungen ausarbeiten werden, die mit einer Erklärung der Intensitätsverhältnisse derselben Linien in den Spektren der Sonnenflecken und in den Spektren der Sterne in Einklang stehen wird.

Ich darf jetzt ein anderes Gebiet der Sonnenforschung berühren und die Möglichkeit betrachten, nützliche neue Arbeit mit dem Spektroheliographen zu leisten, der keineswegs solch kostspieliges und fürchterliches Instrument ist, wie man denken könnte. Dieses Bild zeigt Ihnen den ersten Spektroheliographen, den wir auf dem Mount Wilson benutzt haben, ehe wir den jetzt in Gebrauch befindlichen dauernden gebaut haben. Die Tatsache, daß wir ein dauerndes Instrument an die Stelle des provisorischen haben treten lassen, könnte nun zu dem Schlusse führen, daß das frühere keine guten Ergebnisse geliefert habe. Ich darf deshalb hinzufügen, daß die mit dem hölzernen Instrumente aufgenommenen Photographien sogar noch besser sind als die späteren. Sie zeigen nur enge Zonen der Sonnenoberfläche, sind aber an Schärfe nie übertroffen worden[1]). Auf dem Bilde wird der Spektroheliograph zum Teil durch den Spektrographen verdeckt, so daß Sie nur eine rohe Vorstellung von ihm gewinnen können. Wir haben hier eine rechteckige hölzerne Grundplatte, die auf einen Pfeiler aufgesetzt ist.

An jede Ecke der Grundplatte war ein kleiner Block aus Gußeisen angeschraubt, in den eine *V*-förmige Nute eingehobelt worden war. In jeder Nute befand sich eine Stahlkugel. Eine gleichfalls aus Holz hergestellte Platte trug die optischen Teile des Spektroheliographen und ruhte auf diesen Kugeln; sie

1) Dieser Schluß findet eine weitere Bestätigung in dem Umstande, daß Linien eines gegebenen Elements, die im Laboratorium bei einem gewissen Drucke ungleiche Verschiebungen aufweisen, im allgemeinen nahe dem Sonnenrande entsprechende Verschiebungen zeigen. Es bleibt indessen abzuwarten, ob nicht gewisse andere Hypothesen die beobachteten Erscheinungen ebensogut zu erklären vermögen.

1) In dem gegenwärtig benutzten fünffüßigen Spektroheliographen ist die Dispersion groß genug, um sowohl mit den Wasserstofflinien als auch mit den Kalziumlinien zu photographieren. Aus diesem Grunde sind die Expositionsdauern länger, und die Schärfe ist etwas weniger vollkommen, aber für praktische Zwecke immer noch ganz hinreichend.

konnte somit durch das Bild der Sonne hindurchbewegt werden. (Das Bild der Sonne wurde mit einem Cölostatfernrohr erhalten.) Die Bewegung wurde mittels eines kleinen Elektromotors erzeugt, der durch ein Stück Angelschnur mit dieser großen hölzernen Rolle verbunden war; er trieb eine Schraube, die durch eine bleierne Mutter ging, welche ihrerseits mit der beweglichen Platte fest verbunden war. Die Schraube war auf einer Drehbank und die Mutter auf ihr geschnitten worden. Dieser einfache Mechanismus lieferte die Mittel, eine langsame, gleichförmige Bewegung der oberen Platte durch das Bild der Sonne zu erzielen. Die Anordnung der optischen Bestandteile war genau dieselbe wie beim Rumfordschen Spektroheliographen.

Betrachten wir einen Horizontalschnitt durch das Instrument, so haben wir bei *a* (siehe Fig. 7 auf Tafel XII) einen Spalt, durch den das Licht hindurch geht. Ein ganz einfacher Spalt genügt. Dieser hier war ein alter, der, wie ich glaube, von einem Teile des alten Kenwoodschen Spektroheliographen stammt. Das Licht ging durch diesen Spalt und fiel dann auf eine Sammellinse *b*. Das kann eine gewöhnliche unkorrigierte Linse sein, wenn ihre Brennweite groß genug ist. Wir hatten zufällig ein paar achromatische Linsen und verwendeten diese; sie waren aber um nichts besser als eine einfache. Die parallelen Strahlen fielen auf einen ebenen Spiegel *c* und wurden auf die Prismen *d*, *d* reflektiert. Wir benutzten zwei Prismen, aber eines wird vollkommen genügen, sofern nicht Wasserstoff- oder Kalziumfackeln photographiert werden sollen. Diese Prismen waren bereits abgedankt worden; sie waren ursprünglich für den Bruceschen Spektrographen angefertigt worden, waren aber so mangelhaft, daß sie für Sternspektren nicht mit Erfolg benutzt werden konnten; deshalb haben wir sie vom Yerkes-Observatorium entliehen und hier angebracht. Die beiden Prismen ergaben mit dem Spiegel zusammen eine Totalablenkung von 180°. Das Licht ging weiter durch die photographische Linse *e* — auch hier wird eine einfache Linie gute Dienste tun —, welche ein Bild des Spektrums auf einem zweiten Spalt *f*, dicht an der feststehenden photographischen Platte *g*, erzeugte. Durch Einstellen dieses Spaltes auf die Kalziumlinie H_2 und langsames Bewegen des Instrumentes durch das Sonnenbild mit Hilfe des Motors erhielten wir ausgezeichnete Photographien der Kalziumfackeln.

Das nächste Bild zeigt Ihnen einige mit dem dauernden Instrument aufgenommene Photographien. Derartige mit den Kalzium- und Wasserstofflinien aufgenommene Photographien öffnen der Forschung ein weites Feld, das jedermann zugänglich ist, der eine solche Ausrüstung besitzt, wie ich sie eben beschrieben habe, nämlich ein ganz einfaches Instrument mit kleinen Prismen und Linsen, das fast ausschließlich aus Holz gebaut ist.

Im nächsten Bild werde ich Ihnen einige mit dem hölzernen Instrument gemachte Aufnahmen zeigen. Sie werden bemerken, daß in diesem Falle die Bewegung nicht vollkommen gleichförmig war; Sie können die kleine Unregelmäßigkeit der Bewegung wahrnehmen, die aber die Brauchbarkeit der Negative nicht beeinträchtigte. Hier haben Sie eine direkte Photographie der Sonne, hier eine mit der Kalziumlinie H_1 aufgenommene, und hier eine Aufnahme desselben Gebietes mit der Kalziumlinie H_2. Wenn jemand mit einem solchen Instrument arbeiten würde und uns über die genaue Bedeutung solcher Photographien wie diese aufklären möchte, so würde er wenigstens mir einen großen Gefallen tun, denn bisher ist es mir nicht möglich gewesen, sicher festzustellen, welche Rolle das kontinuierliche Spektrum der Fackeln und das Licht der Kalziumlinie H_1 im einzelnen bei der Erzeugung der Photographien spielen. Diese Frage ist noch offen, und es wird noch mancher Untersuchungen bedürfen, um sie zweifelsfrei zu lösen[1]).

In dieser mit der Linie H_2 aufgenommenen Photographie haben wir vermutlich ein Bild des Kalziumdampfes auf einem höheren Niveau als dem, das die mit der Linie H_1 aufgenommenen Platten wiedergeben. Sie sehen beispielsweise hier diese Brücke von Kalziumdampf quer über den Flecken, die die mit der Linie H_1 aufgenommene Platte nicht aufweist. Mit einem solchen Spektroheliographen, wie ich ihn hier beschrieben habe, ließen sich viele hochinteressante Forschungen ausführen. Ich wünschte, ich hätte Zeit, mich darauf einzulassen; ich möchte nur auf einen Gegenstand hinweisen, nämlich auf die Vergleichung der mit den Kalziumlinien und der mit den Wasserstofflinien erhaltenen Bilder. Herr Butler hat mich gebeten, hier heute einen Punkt zu erörtern, den ich leider in meinem Vortrage in der letzten Sitzung dieser Gesellschaft klarzustellen versäumt habe. Bei der Besprechung des relativen Niveaus der Kalzium- und der Wasserstoffackeln sagte ich, wir fanden, daß die dunklen Wasserstoffackeln im Vergleich zu den entsprechenden hellen Kalziumfackeln etwas gegen

1) Auf Tafel XII, Fig. 8 und 9, sind zwei mit dem hölzernen Spektroheliographen aufgenommene Photographien wiedergegeben. Es sind nicht die im Text erwähnten. Seit der Niederschrift des Textes sind auf dem Mount Wilson unter Verwendung der Wasserstofflinie H_α mit dem Spektroheliographen Photographien von Wirbeln in der Atmosphäre der Sonne aufgenommen worden. Ein einfacher hölzerner Spektroheliograph würde genügen, um gute Photographien dieser Wirbel zu liefern. Diese Wirbel sind somit der Untersuchung seitens der Amateure mit beschränkter Ausrüstung zugänglich.

den Rand der Sonne hin verschoben sind. Die natürliche Schlußfolgerung, zu der ich gelangte, war, daß die in dieser Photographie sichtbare Wasserstoffabsorption auf einem etwas höheren Niveau, bei etwa 1500 Meilen, erfolgte, als die Kalziumstrahlung, die uns diese Photographie liefert. Herr Butler zeigte mir, daß aus den Photographien des Flashspektrums hervorgeht, daß der Kalziumdampf zu größerer Höhe aufsteigt als das Wasserstoffgas, und daß der Unterschied ungefähr 1500 Meilen beträgt. Die Richtigkeit dieses Resultats steht außer Zweifel, und es handelt sich um den Nachweis, daß es mit meiner Schlußfolgerung verträglich ist. Ich glaube, der Grund ist ganz einfach und liegt in folgendem: Die mit der Linie H_1 photographierten Fackeln geben nicht den höchsten Kalziumdampf wieder, sondern ein beträchtlich tiefer liegendes Niveau; dagegen stellen die als Wasserstoffackeln bekannten Absorptionserscheinungen anscheinend den oberen Wasserstoff in der Chromosphäre dar, oder in manchen Fällen die Protuberanzen selbst. Das mittlere Niveau der Wasserstoffabsorption scheint etwa 1500 Meilen höher zu liegen als das Gebiet, von dem das Licht der Kalziumlinie H_2 ausgeht. Wenn, wie es gelegentlich vorkommt, der höchste Kalziumdampf in der Chromosphäre photographisch aufgezeichnet wird, so wirkt er wie Wasserstoff und ergibt dunkle Absorptionserscheinungen, die von der hochgelegenen Linie H_3 herrühren und nicht mit den hellen Kalziumfackeln der Linie H_2 zu verwechseln sind.

Ich sehe, ich muß suchen, schnell zu Ende zu kommen. Ich könnte noch verschiedene andere Anwendungsmethoden des Spektroheliographen anführen, und falls irgend jemand von den Anwesenden später einmal Interesse daran haben sollte, sich damit zu beschäftigen, so werde ich mir ein Vergnügen daraus machen, sie eingehend zu erörtern. Ich darf nebenbei bemerken, daß man mit einem Littrowschen Spektrographen oder einem beliebigen Spektrographen von großer Brennweite und einem feststehenden Bilde der Sonne verschiedene andere Untersuchungen unternehmen kann, beispielsweise die Bestimmung der Rotation der Sonne etwa in der Weise, wie Dunér oder Halm sie verfolgt haben, aber unter Verwendung verschiedener Spektrallinien und unter Ausnutzung der Vorteile der photographischen Methoden. Bei allen derartigen Arbeiten ist ein Zusammenarbeiten mit anderen Forschern höchst erwünscht, denn es könnte sonst leicht geschehen, daß zwei Forscher dasselbe tun würden, während sie gerade so gut einander in ihrer Arbeit ergänzen könnten, statt sie zu verdoppeln.

Eine andere Seite des Gegenstandes, die ich gern erörtern würde, wenn ich Zeit dazu hätte, ist die Spektroskopie der Sterne. Sie werden finden, daß für die Spektroskopie der Sterne ein großes Fernrohr im allgemeinen allerdings einen Vorzug hat. Je mehr Licht man zusammenfassen und auf ein Sternbild konzentrieren kann, um so größere Dispersion kann man im Spektroskop verwenden, und daher bietet die Anwendung großer Aperturen für die spektroskopische Untersuchung der Sterne allerdings einen Vorteil. Es bleibt aber die Tatsache bestehen, daß auch auf diesem Gebiete kleine Instrumente mit sehr gutem Erfolge benutzt werden können, sofern der Plan der Untersuchung verständig angelegt wird. Ich weiß hierfür kein besseres Beispiel als das, welches ich hier, dank der Freundlichkeit des Herrn Pater Sidgreaves, anführen kann. Sie sehen hier eine Photographie des Spektrums o Ceti, die mit einem Refraktor von vier Zoll Apertur, mit einem Prisma von $22\frac{1}{2}^0$ brechendem Winkel vor dem Objektiv aufgenommen worden ist. Die Brennweite des Fernrohres beträgt vier Fuß.

Das Bild zeigt das Spektrum von Omikron Ceti am 29. November 1905 und am 1. Dezember 1906 und läßt mit großer Deutlichkeit die in der Zwischenzeit aufgetretenen Veränderungen erkennen. Wenn dieses Spektrum mit einem Instrument, wie etwa dem Bruceschen Spektrographen des Yerkes-Observatoriums in Verbindung mit dem Vierzigzöller, aufgenommen worden wäre, so würden wir gewisse Vorteile haben, aber auch gewisse Nachteile, denn das ganze Gebiet, das die mit diesem Instrument (bei Anwendung dreier Prismen) aufgenommenen Photographien umfassen würden, ist hier ein begrenztes im Blau. Alle diese merkwürdigen Kanneln im weniger brechbaren Gebiete würden in den Photographien nicht auftreten, und wir würden, wenn wir mit einem solchen Instrument auf ein kurzes Spektralgebiet beschränkt wären, nichts über die höchst interessanten Veränderungen erfahren, die gerade in diesem Falle zu sehen sind. Das folgende Bild zeigt eine andere Aufnahme von Pater Sidgreaves. Diese ist mit einer etwas anderen instrumentellen Anordnung gemacht worden, nämlich mit einem geradsichtigen Prisma im Brennpunkte eines fünfzehnzölligen Äquatorials. Sie werden aber sehen, welch großes Spektralgebiet die Platte umfaßt, und werden sich wiederum vergegenwärtigen, daß fast das ganze Spektrum, mit Ausnahme eines sehr kleinen Gebietes, auf Photographien fehlen würde, die mit einem Instrumente wie den Spektrographen von Bruce und von Mills oder anderen Apparaten mit drei Prismen aufgenommen worden wären, die man verwendet, um die Sternbewegungen in der Gesichtslinie zu untersuchen. Sie beachten die höchst interessante und wichtige Tatsache, daß die Wasserstofflinie H_ϵ in dem Bilde fehlt, vermutlich, wie

Herr Newall meint, infolge der Absorption durch die Kalziumlinie H, also die Bande H_1, die vielleicht in einem anderen Sterne erfolgt, der uns näher steht als der, welcher die hellen Wasserstofflinien liefert. Das veranschaulicht die große Bedeutung der Arbeit, die mit einem Instrument von wirklich ganz geringer Größe auch auf diesem Gebiete der Sternspektroskopie geleistet werden kann, das als das besondere Eigentum der Fernrohre mit großer Apertur gilt. Wie bereits gesagt, haben im allgemeinen bei sternspektroskopischen Untersuchungen die Forscher, die ein Fernrohr mit großer Apertur besitzen, allerdings einen Vorteil; es gibt aber verschiedene Untersuchungen dieser Art — und von der Art, wie sie Herr Professor Pickering in seinen sehr ausführlichen Durchmusterungen des ganzen Himmels mit Objektivprismen unternommen hat —, Untersuchungen von hervorragender Wichtigkeit, die sich mit großen Refraktoren von großer Brennweite nicht ausführen lassen.

Ich könnte noch weiter von den Arbeitsmöglichkeiten an veränderlichen Sternen reden, aber sie sind den meisten unter Ihnen vertraut. Die Beobachtung vieler weiter Doppelsterne ist, wie mir mein Freund Burnham erzählt, seit Herschels Zeiten vernachlässigt worden, weil die großen Instrumente, und selbst die kleinen, auf engere Objekte gerichtet worden sind. Infolgedessen mußte Burnham bei der Durchsicht seines großen Katalogs mit dem Vierzigzöller eine Menge weiter Doppelsterne ausmessen, die vielleicht seit ihrer Entdeckung durch Herschel vor mehr als einem Jahrhundert nicht wieder betrachtet worden waren. Wichtige Arbeiten über Doppelsterne sind jederzeit Forschern mit kleinen Instrumenten zugänglich, sofern sie über ein Mikrometer verfügen.

Ich könnte weiter auf den Fall eingehen, daß jemand überhaupt kein Fernrohr besitzt und doch Beiträge zur Astrophysik liefern will. Ich spreche hier nicht von solch wunderbaren Leistungen, wie sie Anderson vollbrachte, als er mit dem bloßen Auge Nova Persei entdeckte. Wenn aber jemand überzeugt wäre, daß der bedeckte Londoner Himmel sich nie wieder öffnen würde, so könnte er doch noch in seinem Laboratorium arbeiten und wertvolle Beiträge dadurch liefern, daß er Linien und Banden in Sonnenfleckenspektren identifizierte, wie es kürzlich Herr Professor Fowler getan hat, oder dadurch, daß er auf einer ganzen Reihe anderer Gebiete Untersuchungen anstellte.

Ich will mit ein paar praktischen Anregungen schließen. Zunächst ein Hinweis auf die Frage der Atmosphäre: Mancher unter uns hat vielleicht das Gefühl, daß wir sehr viel bessere Ergebnisse erzielen könnten, als sie sich in London erreichen lassen, wenn wir nur in die höheren Schichten aufsteigen könnten. Wenn wir aber im Gedanken an die Männer verweilen, die in London arbeiten, und an ihre Leistungen, so müssen wir anerkennen, daß selbst hier die Bedingungen nicht so schlecht sind, wie wir sie uns zuweilen vorstellen. Ich habe (seit meiner Tätigkeit in Chicago) oftmals stark den Eindruck gehabt, daß eine rauchige Atmosphäre für astronomische Arbeiten manche Vorzüge hat; scheint es doch, daß die Sichtigkeit bei Sonnenbeobachtungen häufig besser ist, wenn der Himmel rauchbedeckt ist. Wir haben hier eine schöne Gelegenheit, diese Frage zu prüfen, und sie hat meines Erachtens ihre beste Prüfung in Greenwich erfahren, und manche der dort gemachten photographischen Sonnen- und Sternaufnahmen beweisen, daß der Londoner Rauch eine ausgezeichnete Schärfe nicht ausschließt. Ich habe dort gestern einige Platten sorgfältig untersucht, und die Sternbilder sind in vielen Fällen überraschend gut. Meines Erachtens muß die Schärfe in Greenwich bei Tag wie bei Nacht von viel höherer Ordnung sein, als man annehmen möchte, wenn man bedenkt, daß Greenwich im Bannkreise von London liegt[1]). Es ist aber durchaus möglich, überall gute Ergebnisse zu erzielen, wenn man nur genügende Sorgfalt anwendet. Beispielsweise muß man die beste Tageszeit für Sonnenbeobachtungen berücksichtigen. Für gewöhnlich tritt die größte Schärfe der Sonne am frühen Morgen und am späten Nachmittage ein. Herr Newall teilt mir mit, daß dies für Cambridge geradeso zutrifft wie für Mount Wilson. Das verdient Beachtung, wenn man Sonnenuntersuchungen in Angriff nehmen will. Weiter bedarf es eines bestimmten Arbeitsplanes. Das ist von grundlegender Bedeutung. Richten Sie Ihre ganze Aufmerksamkeit auf eine einzige Untersuchung, die, wenn möglich, zwei bis drei parallele Beobachtungen umfaßt, die so angelegt sind, daß sie sich gegenseitig beleuchten. Häufig kann der Wert einer gegebenen Beobachtungsreihe ungemein erhöht werden, wenn man über andere Beobachtungen verfügt, die ihre Deutung erleichtern. Beispielsweise können bei der Untersuchung von Sonnenfleckenspektren der Charakter der Flecken, ihre Bewegungen, ihre Gestaltsänderungen, die Verteilung der Fackeln in ihrer Nachbarschaft wichtige Faktoren zur Deutung der spektroskopischen Erscheinungen werden. Andererseits ist reichlich Möglichkeit zur Anwendung neuer Methoden und neuer Instrumente gegeben. Bisher sind meiner Meinung nach die Interferometer von Michelson und von Pérot und Fabry für die Sonnen-

1) Während der Durchsicht dieses Vortrages für den Abdruck erfahre ich zu meiner großen Freude von der Entdeckung eines achten Jupitertrabanten zu Greenwich.

forschung noch niemals systematisch verwendet worden. Die wundervolle Methode, die Fabry zur Bestimmung absoluter Wellenlängen benutzt, würde in der Tat vielleicht sehr nutzbringend sein, wenn man sie auf die Messung der Verschiebung von Sonnenlinien in der Mitte und am Rande anwenden würde. Ich glaube auch, daß das Stufenspektroskop niemals zur Beobachtung der schmalen hellen Linien in der Chromosphäre benutzt worden ist. Weiterhin finden wir uns immer der Möglichkeit gegenüber, unsere optischen Apparate zu vervollkommnen. Ich habe viele Jahre lang versucht, gute Prismen von großen Abmessungen zu erhalten, kann aber kein homogenes Glas bekommen, und halte es deshalb jetzt für notwendig, das Problem der Flüssigkeitsprismen in Angriff zu nehmen. Wenn jemand diese Frage aufnehmen und uns zeigen könnte, wie man sehr große Prismen machte, die im wesentlichen vollkommen wären, so würde er einen großen Schritt vorwärts machen. Lord Rayleigh erzählte mir kürzlich, wie er einige große Flüssigkeitsprismen gemacht hat, die nahezu theoretische Auflösung ergeben haben. Durch eine Erweiterung derselben Methoden könnte man vielleicht noch größere Prismen erhalten, die den weitgehenden Ansprüchen der photographischen Untersuchung genügten.

So könnte ich noch mancherlei andere Arbeitsgelegenheit angeben, wenn ich nicht fürchten müßte, Sie damit zu ermüden. Wir dürfen indessen nicht vergessen, daß immer die Möglichkeit besteht, daß wir eine ganz neue Methode finden, die ebenso bedeutend würde, wie irgendwelche Anwendung des Interferometers oder des Stufenspektroskops oder sonst eines Instruments, auf das ich hingewiesen habe.

Ich hoffe, ich habe Ihnen gezeigt, daß es mit kleinen oder wohlfeilen Instrumenten möglich ist, nicht nur Arbeit von untergeordneter Bedeutung zu leisten, sondern auch solche ersten Ranges. Arbeit, die mit großen Instrumenten nicht wiederholt werden kann oder nicht wiederholt werden wird; mit anderen Worten, daß ein weites Feld für jeden offen steht, der Leistungen hervorbringen will, gleichviel, wo er wohnt und wie einfach seine Hilfsmittel sein mögen. Dieser Gegenstand berührt mich so nahe, daß ich hoffe, die Anregungen, die ich gegeben habe, möchten nicht ganz wirkungslos bleiben. Wir brauchen die Ideen von Männern aus allen Teilen der Welt; wir brauchen die Mitarbeit, die sie leisten können; und wir brauchen sie sogar noch dringender als größere instrumentelle Hilfsmittel, als wir gegenwärtig besitzen.

(Nach Smithsonian Report for 1907, S. 267, aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 24. Juli 1909.)

BESPRECHUNGEN.

Josef Maria Eder, Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik für das Jahr 1908. gr. 8. VIII u. 751 S. Zweiundzwanzigster Jahrgang. Mit 311 Abbildungen im Text und 30 Kunstbeilagen. Halle a. S., Wilhelm Knapp. 1908. M. 8.—

Der neue Jahrgang unterscheidet sich in Zusammenstellung und Ausstattung nicht wesentlich von den vorigen, es kann daher auf das früher Gesagte verwiesen werden. Aus dem Inhalt der Originalbeiträge wie beim Durchblättern des Jahresberichtes über die Fortschritte fällt auf, daß im letzten Jahre die Kinematographie und in Verbindung damit die Projektionslehre einerseits und die Farbenphotographie andererseits das Interesse der Fachleute besonders in Anspruch genommen hat. Auch die Stereoskopie hat schöne Fortschritte zu verzeichnen. Riesenfeld.

A. Saal, Die Photographie in den Tropen mit den Trockenplatten. Ein Ratgeber für Tropenreisende und Liebhaber der Lichtbildkunst. (Encyklopädie der Photographie. Heft 62.) 8. VIII u. 112 S. Halle a. S., Wilh. Knapp. 1908. M. 3.60.

Auf Grund langer Erfahrung hat der Verfasser im vorliegenden Buche sehr präzise Vorschriften für Tropenphotographie gegeben. Die klimatischen Verhältnisse in den Tropen bedingen, daß sowohl beim Negativ- wie beim Positivprozeß einige Methoden abgeändert werden müssen, andere, die sich in gemäßigten Zonen gut bewähren, in den Tropen ganz versagen. Auch berichtet Verf., daß es eigentlich noch keine Trockenplatte gibt, die sich in den Tropen ebenso einfach und sicher behandeln ließe wie in den gemäßigten Zonen. Alles dies ist für den, der in die Tropen zu gehen beabsichtigt, wissenswert, aber auch für jeden andern interessant zu erfahren. Daß Verf. gelegentlich auch von Dingen spricht, die nicht streng zum Thema gehören (wie z. B. von der Konstruktion photographischer Objektive), dessen ist er sich, wie die Entschuldigung in der Vorrede zeigt, selbst bewußt. Riesenfeld.

A. Freiherr von Hübl, Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatte. (Encyklopädie der Photographie. Heft 60.) Zweite umgearbeitete Auflage. Halle a. S., W. Knapp. 1909. M. 2.—

Verfasser, dem von seiner Tätigkeit im Wiener Militärgeographischen Institut her reiche praktische Erfahrungen in der Farbenphotographie zu Gebote stehen, gibt hier zunächst eine eingehende Schilderung des sogenannten polychromen Rasters. Es ist dies die eigentümliche Anordnung von Stärkekörnern in den drei verschiedenen Grundfarben, die die Grundlage des Lumièreschen Verfahrens der Dreifarbenphotographie bildet. In der Praxis der Photographie mit der Lumièreschen sogenannten Autochromplatte legt er Wert auf detaillierte Vorschriften für den Entwicklungsprozeß, deren sorgfältige Erfüllung bei dem nicht ganz einfachen Verfahren erforderlich ist. Dafür sind denn aber auch die erzielten Transparentbilder von überraschender Schönheit und Farbenpracht, wenn sie auch eine ziemlich kräftige Beleuchtung erfordern. Daß man mit Vertrauen den gegebenen Vorschriften folgen kann, zeigen des Verfassers eigene Resultate, die beispielsweise auf der Wiener Tagung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft im Jahre 1908 vorgeführt wurden. Byk.

R. Fitzner, Die Regenverteilung in den deutschen Kolonien. gr. 8. 115 S. Berlin, H. Paetel. 1907.

Das Werk verarbeitet das gesamte vorhandene Material, meist einjährige, aber doch auch einzelne langjährige Reihen. Für Kamerun liegen 30 Stationen vor, für Togo 21, Südwestafrika 71, Ostafrika 84, Neu-Guinea 20, Bismarckarchipel 16, Mikronesien 12, Samoa 27 und Tsingtau eine. Für Südwest- und Ostafrika werden Regenkarten gezeichnet. Die Diskussion der Zahlen ist so eingehend, wie es das Material nur zuläßt; auch ist die seither veröffentlichte Literatur angeführt und verwertet. A. Nippoldt.

J. B. Messerschmitt, Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche. (Die Wissenschaft. Heft 27.) 8. VIII u. 158 S. mit 25 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1908. M. 5.—, gebunden M. 5.80

Die ersten Kapitel sind naturgemäß einleitende. In ihnen wird besonders der freie Fall, die allgemeine Gravitation und die Theorie des Pendels behandelt, letztere hauptsächlich in Rücksicht auf das physische Pendel.

Der Hauptteil setzt mit der Bestimmung der Schwerkraft aus Pendelmessungen ein. Hier wird die Geschichte der Schweremessungen, die normale Verteilung der Schwerkraft und die Abweichung der Lotlinie besprochen. Sehr ausführlich ist der Abschnitt über die absoluten Schweremessungen, wobei auch die verwendeten Apparate eingehend beschrieben werden. Das Kapitel über relative Schweremessungen wird für jeden Forschungsreisenden ein höchst vollständiges Lehrbuch der praktischen Durchführung solcher Messungen sein. In dem Abschnitt über die Verteilung der Schwerkraft auf der Erde werden die gesamten bis heute gewonnenen Ergebnisse als ein vollständiger Beitrag zur Geophysik zusammengefaßt.

Dem ganzen Werke ist eine Literaturübersicht und ein Sachregister beigegeben. Die ganze Freude des Verfassers an seinem Lieblingsgebiete geht durch die Darstellung hindurch und hat ihn ein vollkommenes Ganzes schaffen lassen. A. Nippoldt.

Handbuch der anorganischen Chemie. In vier Bänden. Herausgegeben von R. Abegg u. F. Auerbach. II. Band, 1. Abteilung: Die Elemente der ersten Gruppe des periodischen Systems. gr. 8. XIII u. 867 S. mit 34 Figuren. Leipzig, S. Hirzel. 1908. M. 24.—, gebunden M. 26.—

Mit jedem weiteren Teile des Abeggschen Handbuchs zeigt es sich in erhöhtem Maße, wie außerordentlich wertvoll ein großes und dabei auf durchaus moderner Grundlage beruhendes Handbuch der anorganischen Chemie ist. Was man bei jedem neuen Teile wieder bewundernd anerkennen muß, ist der staunenerregende Grad von Einheitlichkeit, der erreicht worden ist trotz der Zusammenarbeit so vieler, und auch in bezug auf Teile, die von ganz verschiedenen Mitarbeitern behandelt worden sind. Demjenigen, der, wie der Referent, dem Bedürfnisse nach modernster Darstellung folgend, zunächst immer erst nach dem „Abegg" greift, ehe er ältere Handbücher zu Rate zieht, möge die Ungeduld verziehen werden, wenn ihm die Vollendung des Ganzen zu lange zu dauern scheint; gewinnt doch ein solches Werk seinen vollen Wert erst dann, wenn es vollständig vorliegt. E. Bose.

W. Makower, The radioactive substances. Their properties and behaviour. 8. VIII u. 301 S. London, K. Paul, Trench, Trübner & Co., Dryden House, Gerrard Street, W. 1908. 5 sh.

Der vorliegende Versuch des Verfassers, die Eigenschaften der radioaktiven Stoffe und

die Haupttatsachen der Radioaktivität in präziser Form und trotzdem unter Vermeidung jeglicher Mathematik darzustellen, kann als durchaus gelungen bezeichnet werden, so daß das Werkchen namentlich Nichtphysikern, die an den radioaktiven Vorgängen Interesse haben, aufrichtig empfohlen zu werden verdient.

E. Bose.

C. W. Raffety, An introduction to the science of radioactivity. 8. XII u. 208 S. mit 27 Figuren. London, Longmans, Green, and Co., 39 Paternoster Row. 4 sh. net.

Auch dieses Werkchen verdient als eine geschickt abgefaßte elementare Darstellung der radioaktiven Erscheinungen an dieser Stelle erwähnt und empfohlen zu werden. E. Bose.

Rohr, M. v., Abhandlungen zur Geschichte des Stereoskops v. Wheatstone, Brewster, Riddell, Helmholtz, Wenham, d'Almeida u. Harmer. (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. No. 168.) 8. 130 S. mit 4 Tafeln u. 10 Figuren. Leipzig, W. Engelmann. 1908. Kart. M. 2.20

Zu einer Zeit, wo die Anwendungen der Stereoskopie an Zahl und Bedeutung fortgesetzt zunehmen, bedarf es keiner besonderen Begründung für die bequeme Zugänglichmachung der klassischen Arbeiten über diesen Gegenstand, die wir Wheatstone, Brewster, Riddell, Helmholtz, Wenham, d'Almeida und Harmer verdanken. Daß die Herausgabe und Kommentierung von berufenster Hand erfolgte, macht die vorliegende Zusammenstellung besonders wertvoll. E. Bose.

G. Mercator, Die Diapositivverfahren. Praktische Anleitung zur Herstellung von Fenster-, Stereoskop- und Projektionsbildern mittels älterer, neuerer und neuester Druckverfahren. 2. Auflage. (Encyklopädie der Photographie. Heft 27.) gr. 8. 81 S. Halle a. S., Wilh. Knapp. 1908. M. 2.—

In vorliegendem Werk sind die gebräuchlichsten Rezepte zur Herstellung von Diapositiven vom ältesten, dem nassen Jodsilber-Albuminverfahren, bis zum neuesten, dem Lumièreschen Autochromverfahren, zusammengestellt. Die Anordnung des Ganzen ist übersichtlich, die einzelnen Verfahren sind klar und hinreichend ausführlich beschrieben, so daß das Buch empfohlen werden kann. Riesenfeld.

H. Poincaré, Die Maxwellsche Theorie und die Hertzschen Schwingungen. Die Telegraphie ohne Draht. Aus dem Französischen übersetzt von M. Iklé. 8. 199 S. mit 9 Figuren. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1909. Gebunden M. 3.20

Wenn ein Mann wie Henri Poincaré sich entschließt, eine gemeinverständliche Darstellung eines Gegenstandes wie des vorliegenden zu schreiben, so ist er sicherlich von der Überzeugung geleitet, etwas durchaus Eigenartiges bieten zu können. In der Tat ist die Lektüre des Poincaréschen Werkes, obgleich es nur bis zu den ersten praktischen Anwendungen der drahtlosen Telegraphie führt, angelegentlichst zu empfehlen; die Übertragung ins Deutsche ist in jeder Weise als mustergültig zu bezeichnen. E. Bose.

F. M. Feldhaus, Luftfahrten einst und jetzt. 16. 164 S. mit 44 Abbildungen, darunter 14 Bildertafeln. Berlin, Herm. Paetel. 1908. M. 2.—

Eine wesentlich historische Darstellung des Gegenstandes in populärster Form, die trotz mancher Einseitigkeit des Interesses nicht entbehrt. E. Bose.

Tagesereignisse.

Die **Treptow-Sternwarte** setzt drei Preise aus für die besten photographischen Aufnahmen von Sternschnuppen des Leonidenschwarms im November 1909 vom Ballon aus.

Bedingungen:

1. Die Aufnahmen müssen vom Ballon aus in der Zeit vom 13. bis 16. November 1909 erfolgt sein.
2. An der Preisbewerbung können sich Angehörige aller Nationen beteiligen.
3. Die anonym einzureichenden Bewerbungsschriften müssen einseitig beschrieben, mit einem Motto versehen und von einem versiegelten Umschlag begleitet sein, welcher die genaue Adresse des Bewerbers enthält.
4. Es sind die entwickelten Originalplatten einzureichen mit folgenden Angaben:
   a) Ort, Datum und Zeitpunkt der Aufnahme.
   b) Name des Ballons.
   c) Höhe des Ballons.
   d) Angabe der Sternbilder, in denen die Sternschnuppen beobachtet wurden.
   e) Bezeichnung der Kamera und des Objektivs (Brennweite, Öffnung).
   f) Dauer der Belichtung.
5. Die Originalplatten der Aufnahmen, welche die drei Preisrichter, deren Namen später noch bekannt gegeben werden, mit einem Preise auszeichnen, gehen mit allen Publikationsrechten in den Besitz der im Verlage der Treptow-Sternwarte erscheinenden illustrierten Zeitschrift „Das Weltall" über.
6. Endtermin für die Einsendung ist der 1. Januar 1910. Die Einsendung hat an Herrn Direktor Dr. F. S. Archenhold, Treptow bei Berlin, Sternwarte, zu erfolgen.
7. Die Resultate der eingegangenen Aufnahmen werden in dem offiziellen Organ der Treptow-Sternwarte, im „Weltall", veröffentlicht werden.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Aachen Dr. K. Meyer (bisher an der Universität Zürich) für Physik, an der Universität Breslau Dr. K. Feist (bisher in Marburg) für Chemie.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1909/10.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik I: Mechanik, Elektrizitätslehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Meyer), a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Photographische Übungen, 2, c) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl. — **Seitz**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Bernoulli**: Optische und elektrische Eigenschaften der Metalle, 1; Strahlungstheorie und optische Temperaturmessung, 1. — **Meyer**: Radioaktivität, 1. — **Polis**: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie, 1; Meteorologische Technik, mit Übungen, 1. — **Grotrian**: Physikalische Grundlage der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Leitungsanlagen, 2, Übungen, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Telephonie, 2. —

Bredt: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Experimentalchemie, 2; Anorganisches Praktikum (mit Cloeren, Fischer, Scheen, Hallmann und Weise); Elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie, 4; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **Schenck**: Physikalische Chemie I, 3, Übungen für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene, 5 Tage; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Cloeren**: Analytische Chemie, 2. — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Fischer**: Elektrochemie, 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Hydrodynamik, 2 *g*. — **Furtwängler**: Höhere Mathematik I, 6 bzw. 4, Übungen, 2. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Graphische Statik, 2, Zeichnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Reißner**: Mechanik I: Grundbegriffe der Mechanik, Gleichgewicht der Kräfte, 5, Übungen, 1, II: Festigkeitslehre 3, Übungen, 1; Ausgewählte Teile der technischen Mechanik: Festigkeit ebener und gekrümmter Platten, 2 *g*. — **Schumann**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie, 1 *g*; Eisenbahntrassieren, 2. — **Haußmann**: Markscheiden und Feldmessen, 4, Übungen, ½ Tag; Markscheiderische Zeichen- und Rechen-Übungen, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Sphärische Trigonometrie, 1, Übungen, 2. —

Universität Basel.

A. Hagenbach: Experimentalphysik II: Optik, Wärme, Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Veillon), 8, für Vorgerückte, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **VonderMühll**: Analytische Mechanik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 1; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Vektoranalysis, 2. —

Nietzki: Chemisches Vollpraktikum (mit Rupe und Fichter), tägl.; Chemie der organischen Farbstoffe, 2; Chemisches Kränzchen (mit Rupe und Fichter), 1 *g*. — **Rupe**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Fichter**: Analytische Chemie, 2; Experimentalchemie der seltenen Metalle, 1; Analytisches Halbpraktikum, 9. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Müller**: Physikalische Chemie der Legierungen und metallurgischen Prozesse, 1; Grundzüge der Theorie der Lösungen, 1. — **Beuttner**: Pharmakognosie, 3; Pharmazeutische Chemie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Laboratorium, 9; Mikroskopische Übungen der Pharmakognosie, 2. —

Fueter: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen zur Differentialrechnung, 1 *g*; Funktionentheorie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Riggenbach**: Populäre Astronomie: Astrophysik, 2; Astronomische Übungen. — **Spieß**: Zahlentheorie, 3; Determinanten, 1. — **Flatt**: Projektive Geometrie, 4; Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung, 3. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1½ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Allgemeine Mechanik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger II (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3, Theoretische Ergänzungen, 1 *g*. — **Slaby**: Elektromechanik I, 4, II, 2. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Blasius**: Praktische Übungen für Anfänger I: Mechanik, Akustik, Wärme und Optik (mit Wehnelt), 7, Übungen, 1 *g*; Physikalischer Kursus für Mediziner, 3½. — **Neesen**: Optische Instrumente (Theorie), 1½. — **E. Meyer**: Einführung in die moderne Maschinentechnik, 2; Anwendungen der Mechanik in der Flugtechnik, 1; Technische Exkursionen, 2—3 Wochen, 1 Nachmittag. — **Krigar-Menzel**: Theoretische Physik V: Wärmelehre, 4. — **Weinstein**: Mathematische Physik: Mechanik und Akustik, 3; Weltbild und Weltentstehung, 1 *g*. — **F. Martens**: Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 2. — **Börnstein**: Experimentalphysik I, 3; Wetterkunde, 1; Physikalische Unterrichtsübungen, 4; Physikalische Übungen für Chemiker, 3; Physikalische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Kristallographie, 1. — **Gehrcke**: Theorie der Wechselströme und elektromagnetischen Wellen, 1½. — **Grüneisen**: Wärmehaushalt der Erde, 1 *g*. — **Kiebitz**: Elektrische Schwingungen, 1. — **Bidlingmaier**: Der Energiehaushalt der Erde, 1 *g*. — **Henning**: Die Eigenschaften der Gase und Dämpfe, 2. — **v. Baeyer**: Gasentladungen, 1. — **Hellmann**: Allgemeine Meteorologie, 2; Erdmagnetismus in geschichtlicher Entwicklung, 1 *g*; Meteorologisches Kolloquium für Vorgerücktere, 1 *g*. — **Schmidt**: Erdmagnetismus, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 1 *g*; Geophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Leß**: Praktische Wetterkunde, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, 1. —

E. Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, O. Diels, F. Fischer und Stähler), tägl. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4; Neuere Atomistik, 1 *g*; Physikochemisches Kolloquium (mit Sand), 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physikochemische Übungen, 7, c) physikochemische Arbeiten (mit Sand und v. Wartenberg), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, 4; Chemische Technologie, 2; Chemische Übungen für Anfänger und Geübtere, tägl.; Anleitung zu chemisch-technischen Untersuchungen: Methoden der chemischen Technik, tägl. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, 1½; Praktische Übungen in der chemischen Analyse, in der Prüfung und Wertbestimmung von Arzneimitteln, in der Nahrungsmittelchemie (mit Mannich), tägl. — **Biedermann**: Technische Chemie II: Organische Stoffe, 4. — **Sand**: Neuere elektrochemische Arbeiten, 1. — **Schotten**: Chemie der Ernährung, 2. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2. — **Rosen-**

heim: Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie, 1; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer und Koppel), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit Koppel), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **Traube**: Qualitative chemische Analyse, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände mit Berücksichtigung der einschlägigen Gesetzgebung, 4. — **R. J. Meyer**: Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1 *g*. — **N. N.**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum (mit Meisenheimer), tägl. — **Pachorr**: Einführung in die organische Chemie II: Benzolderivate, 1. — **Spiegel**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Neuberg**: Chemie und Physiologie der Kohlehydrate und Eiweißkörper, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate (organisch-chemisches Praktikum), tägl. — **Sachs**: Färbereichemische Übungen, mit Exkursionen, 3. — **Koppel**: Ausgewählte Kapitel aus der Gleichgewichtslehre, 1. — **O. Diels**: Einführung in die organische Chemie I: Aliphatische Verbindungen, 1. — **Meisenheimer**: Reaktionsgesetzmäßigkeiten organischer Verbindungen, 1. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1; Über Enzyme, 1. — **F. Fischer**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Qualitative und quantitative Analyse, 1½. — **Byk**: Photochemie, 2; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 1. — **Großmann**: Die Grundzüge der chemischen Technik und ihre Bedeutung für das deutsche Wirtschaftsleben, 2; Die technische und wirtschaftliche Bedeutung der Stickstoffrage und die modernen Versuche zu ihrer Lösung, 1; Besprechung chemisch-technischer und wirtschaftlicher Tagesfragen, 1. — **Löb**: Elektrochemie II: Organischer Teil, 1; Physikalische Biochemie II, 1 *g*; Physiologisch-chemische Arbeiten, tägl. — **Köthner**: Wandlung der Atomtheorie, 1. — **Ehrlich**: Die landwirtschaftlich-chemischen Industrien: Zucker, Stärke, Zellulose, Brennerei, Brauerei, mit Exkursionen, 1. — **Mannich**: Qualitative chemische Analyse unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1; Quantitative chemische Analyse unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1; Die chemische Prüfung der Arzneimittel, 1. — **Hahn**: Die Radioaktivität, 1. — **Stähler**: Ionentheorie und Elektroanalyse, 1. — **Houben**: Die Laub- und Blüten-Riechstoffe, 1. — **Weigert**: Photochemische Probleme, 1. — **Lockemann**: Chemische Grundlagen der Biologie, 2. — **v. Wartenberg**: Theorie chemisch-technischer Prozesse, 1. —

H. A. Schwarz: Analytische Geometrie, 4; Theorie der analytischen Funktionen II, 4; Elementargeometrische Herleitung der wichtigsten Eigenschaften der Kegelschnitte, 2 *g*; Mathematische Kolloquien, 14 tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Frobenius**: Zahlentheorie, 4. — **Schottky**: Theorie der krummen Linien und Flächen, 4; Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Knoblauch**: Differentialrechnung, 4; Übungen, 1 *g*; Theorie der elliptischen Funktionen, 4. — **Lehmann-Filhés**: Integralrechnung, 4; Determinanten, 4. — **Hettner**: Bestimmte Integrale, 2. — **Schur**: Theorie der algebraischen Gleichungen, 4; Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4. — **Foerster**: Geschichte der mittelalterlichen Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der astronomischen Meßkunst, 1 *g*; Die Weltharmonik im Sinne von Platon und von Kepler, 1 *g*. — **Helmert**: Theorie der Kartenprojektionen, 1; Figur der Erde, 1 *g*. — **Struve**: Einleitung in die Himmelsmechanik, 3; Übungen auf der Sternwarte, für Fortgeschrittene, *g*. — **Scheiner**: Einleitung in die Astrophysik, 3; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Theorie und Praxis der geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischen Ortsbestimmung, mit Übungen, 1½, Allgemeinverständliche Himmelskunde, mit Lichtbildern, 1½. — **Witt**: Methoden der Berechnung spezieller Störungen, 3, Übungen, 1½ *g*; Interpolation und numerische Integration, 1 *g*. —

Technische Hochschule Berlin.

F. Dolezalek: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalische Chemie, 2. — **Kurlbaum**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 8. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und Funkentelegraphie, 1. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik I: Gleichgewicht und Bewegung von Massenpunkten und starren Körpern, 4; Theoretische Akustik, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Die Konstruktion der Spiegel- und Linseninstrumente, 2. — **Glatzel**: Meßapparate und Meßmethoden der drahtlosen Telegraphie, nebst Demonstrationen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der neueren Physik mit Demonstrationen, 1. — **Gleichen**: Einführung in die medizinische Optik: Ophthalmologie, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorie, 2, Grundzüge der Energetik, 2. — **Jahn**: Thermodynamik (insbesondere ihre Verwertung für Chemie und Hüttenkunde), mit Übungen, 2. — **Servus**: Mathematische Optik, 2. — **Zehnder**: Praktischer Unterricht in der Selbstanfertigung physikalischer Instrumente, 14tägig, 4. — **Kaßner**: Die meteorologischen Grundlagen des Wasser- und Tiefbaues: Niederschläge, Hochwasser, Verdunstung usw., 1. — **Slaby**: Elektromechanik I, 4; II, 2; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit W. Wedding), 4 Tage. — **Klingenberg**: Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4. — **W. Reichel**: Elektromaschinenbau, 4, Übungen, 8; Übungen im elektrotechnischen Versuchsfelde, 4; Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **W. Wedding**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Enzyklopädische Elektrotechnik mit Experimenten, 2. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Franke**: Die Technik des Fernsprechwesens in systematischer Darstellung, mit Exkursionen, 2, Übungen, 2. — **Gerstmeyer**: Untersuchung elektrischer Maschinen und Apparate, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 2; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 1. — **Zehme**: Elektrische Haupteisenbahnen und Zwischenstadtbahnen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeits-Laboratorium, 2. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen, 2. —

Erdmann: Experimentalchemie I, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoffketten, 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Quantitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Allgemeine Elektrochemie und Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Industrie, 4; Abriß der technischen Gasanalyse, mit Übungen, 2. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, tägl. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Holde**: Untersuchung von Fetten, Ölen, Wachsen, Seifen, Firnissen und Kautschuk, 2. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3. — **Witt**: Chemische Technologie II: Organische Verbindungen, Faserstoffe, Papier, Leder, Fette, Öle, Seifen, Beleuchtung, Trockene Destillation (Gasbereitung, Kokerei, Teerdestillation, Holzschwelerei, Braunkohle, Erdöl), 4; Farbstoffe, Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 2; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Ausgewählte Teile der physikalischen Chemie, 1; Kolloquium über physikalische Chemie, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern II, 1. — **Börnstein**: Die Brennmaterialien, ihre Bearbeitung und Verwendung, 2. — **Byk**: Theoretische Photochemie: Die Lehre von den chemischen Wirkungen des Lichtes, 2. — **Hauser**: Chemie der selteneren Elemente mit spezieller Rücksicht auf ihre technische Verwendung, 2; Theorie des Verdampfens und Verflüssigens von Gasen und Gasgemischen, 1; Kolloquium

über anorganische und analytische Chemie, 2. — **Hinrichsen**: Theorie der Lösungen, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Kühling**: Stochiometrie, Theorie und Praxis chemischer Berechnungen I, 1. — **Lehmann**: Die Entwickelung der Farbenphotographie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden (der Oxydation, Reduktion, Sulfurierung usw.), 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Arbeitsmethoden der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wolffenstein**: Die Fabrikation der neueren Arzneimittel, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Steinitz**: Niedere Analysis und Algebra, 4; Potentialtheorie, 2; Funktionentheorie I, 2. — **Schuberg**: Elemente der darstellenden Geometrie, 1, Übungen, 3. — **Fuchs**: Partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen, 2. — **E. Meyer**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Salkowski**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Repetitorium der höheren Mathematik II: Differential- und Integralrechnung, sowie analytische Geometrie, 2. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Repetitorium der Physik, 2; Theoretische Optik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerückte, nach Verabredung. — **Gruner**: Die Radioaktivität, 1; Einleitung in die theoretische Physik, 1; Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 3, Übungen, 1; Mechanik deformierbarer Körper, 2. — **Blattner**: Elektrotechnik II, 2. —

Kohlschütter: Anorganische Experimentalchemie, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Qualitative und quantitative Analyse, 2; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie II, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Tambor**: Die Chemie der Alkaloide, 2; Repetitorium der Chemie der Fettkörper, 1. — **Briner**: Die physikalische Chemie und ihre Anwendungen auf die anorganische Chemie, 1. — **Lampe**: Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Mai**: Anorganisch-chemische Arbeiten; Analytische Chemie im Lichte der Ionentheorie, 1; Chemische Berechnungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 1. — **Ephraim**: Kolloquium über Themata aus der anorganischen Chemie, 1½; Die modernen Grundlagen der Chemie, 2. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Praktikum im Laboratorium für Lebensmitteluntersuchung. — **Woker**: Probleme der physikalischen Chemie, 1; Die Theorien der Physik und Chemie in ihrer Anwendung auf die Biologie, 2; Die Fermente, 1; Die Lehre von der Reaktionsbeschleunigung durch Fremdstoffe, 1. —

Graf: Kugelfunktionen mit Repetitorium I, 3; Besselsche Funktionen mit Repetitorium II, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Funktionentheorie, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Repetitorium der Mathematik, 2—4; Mathematisches Seminar (mit Huber), 2. — **Ott**: Algebraische Analysis II, 2; Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2. — **Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Fouriersche Reihen und Integrale, mit Anwendungen auf die Physik, 3; Theorie der Raumkurven und abwickelbaren Flächen, 2; Theorie und Anwendung der Determinanten, 1. — **Benteli**: Darstellende Geometrie, Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyeder, 2; Darstellende Geometrie, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1; Konstruktive Perspektive, 1. — **Crelier**: Synthetische Geometrie I, 2; Kinematische Systeme, 2. — **Moser**: Ausgewählte Kapitel der Sterblichkeitsmessung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Politische Arithmetik, 2. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, Allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Laboratorium für Anfänger (mit Eversheim), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Eversheim**: Angewandte Elektrizitätslehre mit Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik. — **Pflüger**: Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*. — **Bucherer**: Die Differentialgleichungen der Physik, 2. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie I: Eigenschaften der Stoffe, Verwandtschaftslehre, 2; Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie I: Seltenere Metalloide, 1 *g*; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*. — **Schroeter**: Aromatische Verbindungen oder Benzolderivate, 3. — **Meerwein**: Neuere Theorien der organischen Chemie, 1. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Toxikologische Analyse, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Gewecke**: Grundlagen und Hauptmethoden der Gewichtsanalyse, 1; Übungen in einfachen chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*; Übungen in mikrochemischer Analyse, 3. — **Mannheim**: Über die Methoden der Wasser- und Harnanalyse, für Pharmazeuten, 1, Übungen, tägl. *g*. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik I: Anorganische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung nahrungsmittel-chemischer Gutachten, 1 *g*. — **Laar**: Grundlagen der photographischen Verfahren II: Kopier- und Reproduktionsverfahren, mit chemischen Ergänzungsstunden, 1; Übungen in den seltener angewandten photographischen Verfahren. —

Kowalewski: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Theorie der Integralgleichungen, 2; Übungen in der Behandlung von Aufgaben für mittlere Semester (mit Hessenberg), *g*; Vorträge der Mitglieder des mathematischen Seminars für Oberstufe, *g*. — **London**: Übungen in darstellender Geometrie, 1 *g*; Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*. — **Study**: Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Synthetische Geometrie, 2. — **Hessenberg**: Graphische Statik mit Zeichenübungen, 3. — **Küstner**: Fixsternkunde, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten (mit Mönnichmeyer); Sphärische Astronomie, 3. — **Mönnichmeyer**: Theorie der Finsternisse, 2. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Rau (für Professor Zenneck, der beurlaubt ist): Experimentalphysik: Molekularphysik, Wärme, Elektromagnetismus, 4; Physikalisches Praktikum (mit Meurer); Theorie des elektromagnetischen Feldes I, 2, III, 2; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Koch), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Koch). — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Limmer**: Ausgewählte Kapitel aus der (speziellen) Photographie, 2; Moderne Kopierverfahren, 2; Photographisches Kolloquium, 1 *g*; Photographische und farbenphotographische Übungen, 4. —

R. Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Posner); Chemisches Kolloquium (mit Baur), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Baur**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Chemie der Metalle, 1; Arbeiten im Labo-

ratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Sichling). — **Reinke**: Chemische Technologie II 1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Rinckleben), Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*; Chemische Technologie in den deutschen Kolonien, 1. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie (mit Troeger, Frerichs und Emdé). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. —

Dedekind: Elemente der Zahlentheorie, 2; Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, II, 2; Spezielle Kapitel der Funktionentheorie, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Grundzüge der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Praktische Analysis, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik II: Dynamik, 3, Übungen und Repetitionen, 2; Grundfragen der Luftschiffahrt, 1; Graphische Statik, 2, Übungen (mit Brackebusch), 2; Eisenhochbauten, ihre Berechnung und Konstruktion, 2, Übungen (mit Brackebusch), 4; Statik der Baukonstruktionen I, 3, Übungen (mit Brackebusch), 4, II, Übungen (mit Brackebusch), 4. — **Hohenner**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie I, 4, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen (mit Biersack), 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3 und 6, für Pharmazeuten (mit Schaefer und Waetzmann), 3, für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*. — **Pringsheim**: Theoretische Physik III: Elektrizität und Magnetismus, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Elektronentheorie, 4. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Physik, 2; Phonetik, sprachwissenschaftlich und naturwissenschaftlich (mit Siebs), 2. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Buchner: Chemisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Organische Experimentalchemie, 4; Praktische Übungen und Arbeiten im chemischen Institut, ganz- und halbtägig; Chemische Kurse a) für Mediziner, 5, b) für Landwirte, 4. — **Gadamer**: Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Ausmittelung der Gifte, 2; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Abegg**: Physikalische Chemie III: Verwandtschaftslehre, Phasenlehre, 2; Das Wasser, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Sackur), 3. — **Herz**: Die physikalischen und chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Physikalische Chemie für Biologen und Mediziner, 2; Chemische Atomistik: Atomgewichtsbestimmungen, periodisches System, 1; Übungen im Bestimmen von Mineralien und Kristallformen (mit Hintze und Sachs), 1. — **Sackur**: Anorganisch-chemische Technologie, 3. — **Fischer**: Biochemie, 2. — **Löffler**: Neuere theoretische Anschauungen in der organischen Chemie, 1; Chemie der Benzolderivate, 2. — **Feist**: Grundlagen der Maßanalyse, 1; Chemisches Repetitorium, 4; Qualitative Analyse, 1 *g*. —

Rosanes: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Einführung in die Invariantentheorie, 1; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1. — **Sturm**: Theorie der geometrischen Verwandtschaften II, 3; Geometrische Abschnitte der Mechanik, 2; Geschichte der Mathematik, 1; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Kneser**: Integralrechnung, 3; Funktionentheorie, 3; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Franz**: Theorie der Bahnrechnung, 4; Ebbe und Flut mit einer Einleitung über Hydrodynamik, 2; Schilderung des Weltenbaus mit Lichtbildern, 1 *g*; Astronomisches Seminar: Übungen im Bahnrechnen, 2 *g*. —

Universität Czernowitz.

v. Geitler: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger I, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 48 *g*; Vergleichende Physik, 1 *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Radakovic), 14tägig, 2 *g*. — **Radakovic**: Mechanik, 5; Einführung in die Vektorenrechnung, 2 *g*; Seminar für mathematische Physik, 2 *g*. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie I, 5; Elektrochemie, 2; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, 20, für Anfänger, 15. —

Plemelj: Analytische Geometrie, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 2 *g*. —

Technische Hochschule Danzig.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 1; Schwingungen und Wellen in Theorie und Praxis, 1; Arbeiten im photographischen Laboratorium, für Fortgeschrittene, 3. — **Roeßler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen, 2, Übungen, 4. — **N. N.**: Elektromaschinenbau, 1, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Hausinstallationen und Beleuchtungstechnik, 1; Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Schwachstromtechnik, 2. —

Ruff: Anorganische Experimentalchemie, 4, Praktikum, tägl.; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Krüger**: Physikalische Chemie I und II, 3; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4. — **Plato**: Quantitative chemische Analyse, 2. —

v. Mangoldt: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1; Funktionentheorie, 2. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übungen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 3. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5; Photogrammetrie, 1 *g*. — **Sommer**: Höhere Mathematik I, mit Übungen, 6. — **Pröll**: Theorie der Regulierung, 2. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Planzeichnen, Übungen, 2; Geodätisches Praktikum I und II, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichtes, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig); Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 1 *g*; Grundzüge der seismischen Beobachtung, 1 *g*; Repetitorium der Experimentalphysik, 1. — **Fritsch**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1 *g*; Photographische Übungen, 2; Theorie der optischen Instrumente I, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II: Theorie und praktische Verwendung von Gleich- und Wechselstrommaschinen, 4, Übungen (mit Petersen), 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), tägl.; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende (Praktikum III); Übungen im Hochspannungslaboratorium (mit Petersen), 2. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrische Wellen, 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 2, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Petersen**: Ausgewählte Kapitel aus

dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 2; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Werkzeug-, Bergwerks- und Hüttenmaschinen, 2; Referate aus elektrotechnischen Fachblättern, Kolloquium, 1 *g*. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Kolb, D'Ans und Schaeffer), tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Anorganische Chemie, spezieller Teil I, 2; Analytische Chemie II: Quantitative Analyse einschließlich Maßanalyse, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 6; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff- und Färberei-Praktikum (mit Schwalbe). — **Schwalbe**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Zellulosechemie und Teerfarbstoffe, 4; Organisch-chemisches Praktikum; Färberei-Praktikum. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Elektrochemisches Kolloquium (mit Neumann), 1 *g*; Chemisches Praktikum für Elektrochemiker (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Grundzüge der Eisenhüttenkunde, 1. — **Neumann**: Brennstoffe, Verbrennungsvorgänge, Heiz- und Kraftgase und deren Untersuchung, 1, Übung, 1; Gasanalytische Methoden, mit Übungen, 2; Metalle und Legierungen: Metallographie, 1. — **Moldenhauer**: Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 1 *g*; Elektrochemische Übungen, 3 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Technik organischer Verbindungen, 1. — **D'Ans**: Heterogene Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre, 2; Einführung in die Kolloidchemie, 1. —

Graefe: Repetitorium der Elementar-Mathematik, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Geometrie, 2. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Projektive Geometrie, 2—3; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 2. — **Fenner**: Geodäsie, 4; Geodätische Übungen I, 2; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen A, 2. — **Gast**: Höhere Geodäsie, 2; Praktische Geometrie, 2. — **Gasser**: Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*; Aeronautik, 2. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik II, 6, Übungen (mit Graefe), 3 (darunter in graphischer Statik, 2); Hydrodynamik, 1. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler), 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9, Praktikum für größere physikalische Arbeiten, 20; Physikalisches Kolloquium, Referate über neue Arbeiten (mit Helm und Toepler), 1 *g*. — **Toepler**: Wärmestrahlung, 1; Elektrische Schwingungen: Drahtlose Telegraphie, 1. — **Dember**: Wärme- und Elektrizitätsleitung, 1. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II: Theoretische Grundlagen der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 2; Theorie des Wechselstromes II: Generatoren, Motoren, Parallelbetrieb, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau II: Entwurf, Bau und Betrieb der Elektromotoren mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung für Fahrzeuge und Hebezeuge, 2, IV: Speziellere Aufgaben des Dynamobaus (Steuer- und Ausgleichsdynamos, Umformer, Schnellläufer u. dgl.), 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 12 und 4; Heizer- und Maschinistenkursus für Studierende. — **Ulbricht**: Telegraphie und Telephonie, mit radiotelegraphischem Praktikum, 2 *g*. — **Brion**: Meßmethoden und Meßinstrumente der Elektrotechnik, 2; Elektrische Maschinenmessungen, 1; Elektrotechnisches Seminar, 1. —

Hempel: Chemische Großindustrie, 2; Metallurgie, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, techuische Titriermethoden, Gasanalyse, ganztägig. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Kolloquium: Freie Vorträge über wichtige Probleme der Chemie (mit Möhlau und v. Walther), 1 *g*; Organisch-chemisches Praktikum (mit v. Walther), tägl. außer Sonnabend. — **Möhlau**: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung durch Bleicherei, Färberei, Zeugdruck und Appretur, 3; Chemie des Steinkohlenteers: Die Rohmaterialien und Zwischenprodukte für die Industrie der organischen Farbstoffe, 2; Praktikum für Farbenchemie, 8; Praktikum für Farbenchemie bezw. für Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **F. Foerster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Luther**: Photographie und ihre Anwendungen, 2 *g*; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Foerster und Lottermoser), 1 *g*. — **v. Walther**: Wichtige Einzelkapitel der organischen Chemie, 2. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, 1. — **König**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren chemischen Literatur unter spezieller Berücksichtigung der Patente, 1. — **Lottermoser**: Ausgewählte Kapitel aus der angewandten physikalischen Chemie, 1. —

Helm: Höhere Mathematik IV, 3, Übungen (mit Naetsch), 14tägig, 1; Potentialtheorie, 2; Wahrscheinlichkeitslehre, 2; Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Physik, 14tägig, 2. — **Krause**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen (mit Naetsch), 2, für die Hochbau- und Chemische Abteilung, 2; Theorie der reellen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Heger**: Ebene Kurven 3. Ordnung, 1. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen (mit Naetsch), 4; Perspektive, mit Übungen, 1; Theorie der Raumkurven und Flächen, 2, Übungen, 1. — **Naetsch**: Elementare Algebra und Analysis, 2; Analytische Geometrie der Flächen zweiten Grades, 3. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Graphische Ausarbeitungen, 4; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung I, 2; Planzeichnen I, 2. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40; Übungen in Experimentalvorträgen für Lehramtskandidaten, 2. — **Reiger**: Mechanik, 2; Thermodynamik, 2; Übungen zur theoretischen Physik, 2 *g*. —

Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Busch): a) Analytisch-chemische Übungen, 20, b) Vollpraktikum, 40; Praktikum für Mediziner, 4. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie, 3; Die Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemisches Praktikum: a) Vollpraktikum, 44, b) Halbpraktikum, 24 bezw. 20; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse usw., 3; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungs- und Genußmittel: a) Vollpraktikum, 44, b) Halbpraktikum, 24 bzw. 20. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse I: Metalle, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Gutbier und Jordis), 1 *g*. — **Henrich**: Die wichtigsten Darstellungsmethoden und Synthesen der organischen Chemie, 2; Geschichte der Chemie, 1; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Untersuchungen, tägl. *g*. — **Gutbier**: Chemisches Seminar für Chemiker und Pharmazeuten, 2; Gasanalyse, mit Übungen, 2; Moderne Theorie der anorganischen Chemie, 1. — **Jordis**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie mit besonderer Rücksicht auf Kolloide, 1; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie I, 1; Elektrochemische Praktika: a) für Anfänger, 4, b) für Fortgeschrittene, 20 und 40. —

Gordan: Differentialrechnung, 4; Differentialgleichungen, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar, 3 *g*. — **Noether**: Analytische Geometrie I, 4; Funktionentheorie, 4; Geometrische und analytische Übungen (mit Hilb), *g*. — **Hilb**: Elementarmathematik, 4; Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 3. —

Physikalischer Verein Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik: Mechanik, 1, Akustik, 1; Physikalisches Kolloquium; 14tägig, $1^1/_2$; Kleines physikalisches Praktikum für Anfänger, 8, Großes physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Linke**: Ausgewählte Kapitel aus der Geophysik: Erdbebenkunde, Ebbe und Flut usw., 1; Übungen in geophysikalischen Messungen, 1 Nachmittag. — **Déguisne**: Einführung in die Elektrotechnik I: Gleichstrom, 2; Einführungskurs zum kleinen elektrotechnischen Praktikum (mit Hoerner), 8; Kleines elektrotechnisches Praktikum für Anfänger (mit Hoerner), 8, Großes elektrotechnisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Seddig**: Prinzipien der optischen Instrumente II, 1; Wissenschaftliche Photographie (theoretisch); Wissenschaftlich-photographisches Praktikum, 3. —

Freund: Anorganische Experimentalchemie mit spezieller Berücksichtigung der Technologie und Exkursionen I, 2; Chemisches Kolloquium über neuere chemische Literatur, 14tägig, $1^1/_2$; Kleines chemisches Praktikum: Darstellung chemischer Präparate, Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, Nahrungsmittelanalyse, 8, Großes chemisches Praktikum, tägl. — **Mayer**: Chemie und Technologie der künstlichen organischen Farbstoffe, $1^1/_2$; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Chemie, 1. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, chemisch-technische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, 2, Besichtigung technisch interessanter Anstalten, 1 Nachmittag; Kleines chemisches Praktikum, 5. —

Brendel: Analytische Mechanik, 2; Einleitung in die höhere Analysis, 2, Übungen, 2; Arbeiten auf der Sternwarte für Fortgeschrittene (mit Brill). —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Königsberger), 3 und 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Königsberger**: Elektrizität und Magnetismus, mit Übungen und Experimenten, 3, Übung, 1; Ausgewählte Kapitel der Geophysik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Meyer**: Elektrochemie mit Demonstrationen, 2; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen (mit Trautz), 2; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 3; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten. — **Reinganum**: Lektüre und Erklärung von Gibbs' statistischer Mechanik, 2; Kinetische Gastheorie in elementarer Behandlung, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Trautz**: Photochemie II: Die Theorien der Absorption und Dispersion des Lichts, 3. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Anorganische Technologie, 2. — **Edinger**: Einführung in die Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2. — **Fromm**: Chemie der Teerfarbstoffe, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2 und 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse: Allgemeiner Teil, 2; Übungen im Bestimmen von Mineralien auf chemischem Wege, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, mit Berücksichtigung der Spektral- und Mikroanalyse, 3; Elektropräparative und elektroanalytische Übungen, 2. —

Lüroth: Analytische Geometrie der Ebene und Differentialrechnung, 5; Theoretische Astronomie, 2; Mathematisches Seminar, 1. — **Stickelberger**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Variationsrechnung, 3. — **Loewy**: Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Anwendungen auf Statistik und Versicherungswesen, 3; Algebraische Analysis, 3; Einführung in die neuere Algebra, 2; Übungen in Versicherungsrechnung, 1. — **Seith**: Projektive Geometrie, 2. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Geometrische und physikalische Optik, 4; Populäre Astronomie und mathematische Geographie, $1^1/_2$. — **Schmidt**: Kinetische Gastheorie und ihre Anwendung auf Elektronenlehre, 2. — **Noack**: Physikalisches Praktikum für Handfertigkeit mit Experimentierübungen, 3. — **Uller**: Einführung in die Elektrotechnik: Gleichstromtechnik, 1. —

Naumann: Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Physikalische Chemie (Thermochemisches und Thermodynamisches), mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen, $1^3/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium (pharmazeutisch- und nahrungsmittel-chemische), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Möser**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2. — **N. N.**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, organischer Teil, 2; Ausmittelung der Gifte, 2. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe IV, 2. — **Beschke**: Die organisch-chemischen Arbeits- und Untersuchungsmethoden, 2; Die Klassiker exakter Wissenschaften: Besprechung klassischer chemischer Arbeiten, 1 *g*. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, halbtägig; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$; Organische Experimentalchemie, $4^1/_2$; Organische Farbstoffe, 1. — **Brand**: Technologie der Farbstoff- und Heilmittelzwischenprodukte, mit Exkursionen, 1; Elektrochemie, Allgemeiner Teil, 1. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1 *g*. —

Pasch: Differential- und Integralrechnung, 4; Die geometrischen Verwandtschaften ersten Grades, 2; Übungen des mathematischen Seminars. — **Netto**: Analytische Mechanik, 4; Numerische Gleichungen, 2; Übungen des mathematischen Seminars. — **Graßmann**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 3; Projektive Geometrie der Ebene (in analytischer Behandlung), 3, Übungen. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität und Wärme, 3; Praktische Übungen im physikalischen Institut (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Madelung und Busch), 8; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Ausgewählte Probleme der Mechanik, 1 *g*. — **Voigt**: Elektrodynamik (Maxwellsche Theorie), 4; Geometrische Optik (mit Übungen), 2 *g*; Wissensch. physik. Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Wiechert**: Vermessungswesen, theoretischer Teil: Höhere Geodäsie nebst den physikalischen Grundlagen, Nautik, Markscheidekunst, 4; Polarlicht, 1 *g*; Elastizitätstheorie mit besonderer Berücksichtigung der Akustik, 4; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Geonomie (Geodäsie und Geophysik), 1 *g*; Geophysikalisches Praktikum, *g*. — **Prandtl**: Einführung in die Thermodynamik und ihre technischen Anwendungen, 3; Mechanikpraktikum I, für Anfänger, 3, II, für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der Mechanik und Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Anwendung der Aerodynamik auf Luftschiffahrt, 2 *g*. — **Simon**: Bau und Wirkungsweise der Wechselstromdynamomaschinen, 2; Einführung in die Elektrotechnik, mit Demonstrationen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 3; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Fragen der angewandten Elektrizität, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl. — **Abraham**: Theorie der Wärmestrahlung, 2 *g*. — **N. N.**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 2; Übungen in der Selbstanfertigung und Handhabung von Demonstrationsapparaten, 3 event. 6. —

Wallach: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Übungen und wissenschaftliche Arbeiten im Laboratorium (mit Polstorff, Kötz und Borsche), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 *g*. — **Tammann**: Physikalische Chemie, 3;

Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger (mit Levin), 4 Wochen; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g.* — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 4; Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 1 *g.* — **Fischer**: Chemische Technologie II, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technologische Übungen, *g.* — **Zsigmondy**: Neuere Forschungen auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen Chemie für Vorgeschrittene, ganz- und halbtägig; Praktikum der Kolloidchemie, 2; Kolloidchemie, 1 *g.* — **Kötz**: Aufbau und Abbau organischer Verbindungen, 1; Katalyse, 1; Neuere Theorien in der organischen Chemie, 1; Repetitorium der Chemie, 1; Seminaristische Übungen in Chemie für Lehramtskandidaten, 1 *g.* — **Coehn**: Chemische Technologie vom Standpunkte der physikalischen Chemie, 1; Photochemisches und photographisches Praktikum, 3. — **Borsche**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Organisch-chemisches Repetitorium für Fortgeschrittene, 1. — **Levin**: Radioaktivität, 1. —

Klein: Projektive Geometrie, 4; im Seminar: Über die psychologischen Grundlagen der Mathematik, 2 *g.* — **Hilbert**: Allgemeine Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 4; im Seminar: Vorträge aus verschiedenen Gebieten der reinen Mathematik (mit Landau), 2 *g.* — **Landau**: Einführung in die Theorie der Ideale, 1 *g*; Einleitung in die Funktionentheorie, 4. — **Hartmann**: Figur und Rotation der Himmelskörper, 3; im Seminar: Astronomisches Seminar (mit Hertzsprung), 2 *g.* — **N. N.**: Mechanik mit Übungen, 6; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2, Übungen, 1. — **Ambronn**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Übungen im astronomischen Beobachten, 4—5; Leitung astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Chronologie und Kalenderwesen, 1 *g.* — **Hertzsprung**: Astrophysik II, 2. — **Zermelo**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Mathematische Übungen für niedere Semester (mit Toeplitz), 2; Über die logischen Grundlagen der Mathematik, 1 *g.* — **Koebe**: Algebra, 4; Lineare Differentialgleichungen, im komplexen Gebiet, 2; Zeichnerische Darstellung von Kurven und Flächen, 14tägig, 2. — **Toeplitz**: Analytische Geometrie des Raumes und Determinanten, 4. — **Bernstein**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 2; Ausgewählte Kapitel der Versicherungsrechnung, 1. — **Müller**: Aus der Geschichte der Mechanik seit Lagrange, 1. —

Universität Graz.

Pfaundler: Experimentalphysik, 5; Physikalische Übungen I, 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Beundorf), tägl. außer Sonnabend. — **Benndorf**: Übungen im physikalischen Rechnen, 2; Physikalische Übungen II, 8; Die optischen Instrumente, 2; Radioaktivität, 1. — **Waßmuth**: Mechanik I, 4; Wärmestrahlung, 1; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g.* — **Streintz**: Elektrochemie, 2. —

Scholl: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — **Schrötter**: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemie der Methanderivate II, 1. — **Kremann**: Physikalische Chemie III, 2; Analytische Chemie vom Standpunkte der physikalischen Chemie, 1; Elektroanalyse und Elektrosynthese, 1; Elektroanalytisches und elektrosynthetisches Praktikum, 2 halbe Tage, *g*; Praktikum der physikalisch-chemischen Arbeits- und Meßmethoden, 3 Wochen; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der physikalischen Chemie, tägl. — v. Hemmelmayr: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie anorganischer Stoffe (chemische Fabriksindustrie), 2. —

Dantscher v. Kollesberg: Differential- und Integral-Rechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Daublebsky v. Sterneck**: Grundzüge der analytischen Geometrie, 4; Ausgewählte Kapitel der Zahlentheorie, 1; Elementarmathematik I, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Streißler**: Darstellende Geometrie I, 3. — **Hillebrand**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 3; Astrophotometrie, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik, 5; Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Übungen, 8. — **Streintz**: Physik für Geodäten, 5. — **Fuhrmann**: Praktische Photographie, 4 Wochen. — **Emich**: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der qualitativen chemischen Analyse, 14; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Gewichts-Analyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Elektrochemie I, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der anorganisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe. — **v. Hemmelmayr**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **Krausz**: Mechanische Technologie I, 3, II, 2, III, 2. —

Hočevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik, 4; Theorie der eisernen Brücken, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 5, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 5, Übungen, 6, Seminarübungen, 2; Projektive Geometrie I, 2, Übungen, 1, II, 2. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschließlich der Elemente der graphischen Statik I, 4, Übungen, 3 und 2; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Technische Mechanik I, 4. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Elemente der niederen Geodäsie, 4; Geodätische Zimmerübungen, $1\frac{1}{2}$ und 2; Höhere Geodäsie, 4; Geodätisches Seminar, 2. —

Universität Greifswald.

Mie: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Physikalische Experimentierübungen I: Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g.* — **Holtz**: Mechanik und Molekularphysik, 1; Physik der Gestirne, mit Experimenten und zeitweiser Beobachtung der Sterne, 1 *g.* — **Starke**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 2. — **Schreber**: Physikalische Experimentierübungen II: Übungen im Zusammenbauen und Demonstrieren physikalischer Apparate, 2; Die thermischen Eigenschaften der Gase und Dämpfe, 2. — **Herweg**: Kathodenstrahlen, Röntgenstrahlen, Radium mit Experimenten, 1. —

Auwers: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 8 *g.* — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g.* — **Roth**: Physikalische Chemie, ausschließlich Elektrochemie und Radioaktivität, 2; Physikalisch-chemische Übungen, $7\frac{1}{2}$; Physikalische und chemische Charakterköpfe, 1 *g.* — **Posner**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 2; Kolloquium über neuere Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, 1 *g.* — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Spezielle anorganische Chemie I: Metalloide, 2; Chemisches Kolloquium für Mediziner, 2. —

Thomé: Theorie und Anwendung der Potentialfunktion, 4; Ebene algebraische Kurven, 2 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Engel**: Analytische Geometrie, 4; Algebra (Fortsetzung), 4; Invarianten und Differentialinvarianten, 2 *g*; Mathematisches Seminar, $1\frac{1}{2}$ *g.* — **Vahlen**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung, 2 *g.* —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Linsentheorie und Theorie der Interferenzerscheinun-

gen, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Das Radium, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Spezielle Kapitel der anorganischen Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend, in der anorganischen und analytischen Abteilung (mit Tubandt), in der organischen Abteilung, in der pharmazeutischen Abteilung (mit Schulze); Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4. — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel II, 2; Neuere Arzneimittel, 1 *g*. — **Baumert**: Gerichtliche Chemie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum. — **Erdmann**: Destillation der Steinkohle, Farbstoffe und organische Präparate der chemischen Industrie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in der Gasanalyse, technischen Analyse und in der Elektrochemie, 4. — **Tubandt**: Elektrochemie II (experimentell), 2; Chemische Atomistik, 1 *g*. —

Cantor: Differential- und Integralrechnung II, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Wangerin**: Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3; Analytische Mechanik II, 2; Sphärische Trigonometrie und mathematische Geographie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4; Einführung in die Theorie der höheren ebenen algebraischen Kurven, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Mathematisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Buchholz**: Grundlagen der theoretischen Astronomie, 2. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Schall, strahlende Energie, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Valentiner), 4. — **Valentiner**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2; Photographie, 4. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Beckmann, Brückmann, Kempe), 8, II, III für Maschineningenieure, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Heim**: Elektrische Anlagen I (mit Gosch), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Gosch), 2, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Bahnen, 1; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 2, 2; Die Wicklungen der elektrischen Maschinen, 1 *g*. — **Brückmann**: Turbogeneratoren, 1 *g*. —

Seubert: Anorganische Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Lambrecht und Kircher), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 2. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Decker und Grohmann), tägl. außer Sonnabend. — **Keiser**: Ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der Chemie, 2. — **Jänecke**: Metallurgie, 1. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 3; Chemische Technologie I, 4, Übungen, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Schliemann), tägl. außer Sonnabend. — **Keppeler**: Ton- und Glaswaren, 1; Keramisches Praktikum, 1 Nachmittag. — **Bodenstein**: Grundzüge der technischen Elektrochemie, 2; Elektrochemische Übungen (mit Meinecke), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Meinecke), tägl. außer Sonnabend; Übungen in der Elektroanalyse (mit Meinecke), 7. —

Kiepert: Höhere Mathematik I, 8, Übungen, 2, Repetition, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Theorie der analytischen Funktionen, 3. — **Carathéodory**: Höhere Mathematik IB, 5, Übungen, 2; Anwendungen der höheren Mathematik: a) Vektoranalysis, 1, b) Variationsrechnung, 2. — **Wieghardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Über die für die technische Mechanik wichtigen Differentialgleichungen, 1. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter und Pabst), 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Oertel**: Geodäsie I: Praktische Geometrie (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II: Ingenieur-Geodäsie, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*. — **Pockels**: Theorie der Wärme, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*; Geophysik, 1. — **Becker**: Kathodenstrahlen mit Demonstrationen, 2. — **Müller**: Die atmosphärische Luft und ihre Bestandteile, 1. — **Hertz**: Kinetische Gastheorie, 2; Grundlehren der theoretischen Physik, 1 *g*. — **Schmidt**: Einführung in die Photographie und photographisches Praktikum, 2—4. —

Curtius: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganischer Teil, 6; Praktische Übungen und Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 20. — **Brühl**: Organische Chemie, 6. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Franzen), 3; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 8. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei der Textilfasern. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 3; Physikalische Chemie der Metalle, 1; Theoretische Übungen in physikalischer Chemie, für Anfänger, 1, für Vorgeschrittene, 14tägig, $1^1/_2$; Praktische Einführung in die physikalische Chemie und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Organische Chemie, 3; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Anfänger; Chemische Ferienkurse, vierwöchentlich. — **Dittrich**: Chemie der selteneren Elemente, 1; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Ferienkurs, 4 oder 5 Wochen. — **Stollé**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 5; Pharmazeutische Chemie II, 3. — **Mohr**: Stereochemie, 1. — **Darapsky**: Geschichte der Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Biochemie, 2; Praktische Einführung in die Bakteriologie und Gärungschemie. — **Ebler**: Spektralanalyse und Photochemie I: Spektralanalyse, 1. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel, 2; Wasser- und Harnanalyse, 1. —

Königsberger: Analytische Mechanik, 4; Differential-Integralrechnung II, 2; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Wolf**: Elemente der Astronomie (und mathematische Geographie), 3 *g*. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Elementare Arithmetik, Zahlentheorie und Algebra, 2. — **Koehler**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. — **Boehm**: Elliptische Funktionen (Fortsetzung der Funktionentheorie), 2; Einführung in die Algebra, namentlich Theorie und Anwendung der Determinanten, 4; Mathematische Übungen, 1. — **Bopp**: Nichteuklidische Geometrie, 2. — **Kopff**: Grundzüge der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 1. —

Universität Innsbruck.

Czermak: Magnetismus und Elektromagnetismus, 2; Praktische Übungen, 5, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Mechanik, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **v. Lerch**: Experimentalphysik I, 5; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*; Konversatorium über neuere physikalische Publikationen, 1 *g*. — **Tollinger**: Die physikalischen Eigenschaften der Milch und deren Bedeutung für die Praxis, 2. — **Hammerl**: Elektrische Energieverteilung: Licht und Kraft, Niederspannungs- und Hochspannungsanlagen, 2 *g*. — **v. Ficker**: Einleitung in die Klimatologie, 2. —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig. — **Hopfgartner**: Gasanalyse, 1; Maßanalyse, 1; Eigenschaften der Lösungen, 2. — **Zehenter**: Chemische Technologie der

pflanzlichen Rohstoffe mit besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse des Nahrungsmittelchemikers, 2 *g*. —

Gmelin: Differential- und Integralrechnung, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Vektoranalysis und Ausdehnungslehre mit Übungen, 4; Ausgewählte Abschnitte der Theorie der algebraischen Kurven und Flächen, 2; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Determinantentheorie, 1 *g*. — **Menger**: Elemente der projektiven Geometrie, 2 *g*. —

Universität Jena.

Winkelmann: Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum (mit Baedeker): a) für Physiker, 6, b) für Chemiker und Pharmazeuten, 4; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Straubel und Baedeker), tägl. — **Auerbach**: Mechanik der festen, flüssigen und gasigen Körper, 4; Physikalisches Kolloquium über Radioaktivität und andere Themata (mit Baedeker), 2 *g*; Das naturwissenschaftliche Weltbild, 1. — **Straubel**: Abbildungstheorie, 1. — **Simons**: Einführung in die Gleich- und Wechselstromtechnik, 2; Elektrotechnische Meßkunde, 1; Die Kraftmaschinen in der Landwirtschaft, 2; Praktikum I im technisch-physikalischen Institut, 3, für Fortgeschrittene. — **Baedeker**: Elektrizitätsbewegung in Gasen, 1. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff), tägl., für Mediziner, 3; Praktikum in der organischen Abteilung und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe und Fecht), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Technische Chemie für Landwirte, 1; Großes und kleines chemisches Praktikum für Landwirte, tägl.; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, organischer Teil, mit besonderer Berücksichtigung der Teerfarbstoffe, 2; Kursus über technische Chemie für Nationalökonomen, 2; Anleitung zu technisch-chemischen Arbeiten, ganz- und halbtägig, *g*. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Organische Chemie, 3; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisches Halbpraktikum: Darstellung und Untersuchung pharmazeutisch-chemischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, tägl. — **Rabe**: Chemie der Pflanzenalkaloide, 1; Besprechung neuerer chemischer Arbeiten (mit Fecht), *g*. — **Marc**: Die Grundlagen der physikalischen Chemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4. — **Fecht**: Geschichte der Chemie, 1. —

Thomae: Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 5, Übungen, *g*. — **Haußner**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Proseminar (mit Thaer), 2 *g*; Raumkurven und krumme Flächen, 4; Mathematisches Seminar, 1. — **Frege**: Funktionentheorie nach Riemann, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Methode der kleinsten Quadrate, 4; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 3. — **Kutta**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 2; Vektoranalysis, 1 *g*; Substitutionstheorie, 2. — **Thaer**: Analytische Mechanik, 4. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik (obligatorisch), 4, Seminar, 2 *g*, Ergänzende Demonstrationen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 1; Optik für Chemiker, 1. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 3, II: Wechselstromgeneratoren und Umformer, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 9, II, 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elektrische Messungen, 1. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Leitungen und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Schwachstromtechnik, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **N. N.**: Theorie des Wechselstroms und der Transformatoren, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen und elektromotorische Betriebe, 2, Übungen, 2; Wechselstromkommutatormaschinen, 2, Übungen, 2. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie der Photographie, ferner Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium (mit Staudinger), 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Zuckerfabrikation, Gärungsgewerbe, Brauerei, Brennerei usw., 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Übungen in der technischen Analyse für Vorgerücktere, tägl.; Technologische Exkursionen. — **Haber**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Askenasy**: Bau und Betrieb der Akkumulatoren, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse für Maschineningenieure und Elektrotechniker, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung, 1, Übungen, 4. — **Herzog**: Fermente und Enzyme, 2; Naturwissenschaftliche Grundlagen der Hygiene, 2. — **Just**: Physikalisch-chemische Meßmethoden, 1; Photochemie, 1. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, Übungen, 2. — **Skita**: Chemie der Farbstoffe und der Textilindustrie I, 2; Praktische Übungen in Färberei und Druckerei, 2. — **Staudinger**: Chemie der Benzolderivate, 2. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 2. — **Wöhler**: Analytische Chemie II, 2; Anorganisch-chemische Tagesfragen, 1. —

Disteli: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Heun**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar (mit Stäckel), 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stäckel**: Höhere Mathematik II, 3; Differentialgleichungen der Mechanik, 2. — **Faber**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1; Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 2, Übungen, 1. — **Vogt**: Geometrie der Lage, 2. — **Winkelmann**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Mechanische Probleme der wissenschaftlichen Technik, 2. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II: Feldbereinigung, 3, Übungen, 2; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4; Graphische Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Grimm**: Signal- und Sicherungsanlagen, 1. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

Universität Kiel.

Weber: Elektrodynamik, 4; Theorie physikalischer Meßapparate, mit Übungen, 1; Absolutes Maßsystem, 1; Ausgewählte physikalische Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Dieterici und Zahn), 2 *g*. — **Dieterici**: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 und 8, für Fortgeschrittene, tägl. — **Zahn**: Elektrische Meßmethoden, mit Experimenten, 1. —

Harries: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum: Anorganische Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend, organische Abteilung, tägl.; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Biltz, Feist, Preuner und Mumm), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 3; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemisches

Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Bilts**: Chemie der Metalle, 3. — **Berend**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der heterozyklischen Verbindungen, *g*; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Chemie der Benzolderivate, 2; Chemische Großindustrie, 1. — **Preuner**: Einführung in die Elektrochemie, 2. — **Mumm**: Die wichtigsten Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1; Praktische Übungen in der Anwendung organischer Farbstoffe, 2. —

Pochhammer: Funktionentheorie, 3; Differentialgeometrie, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Theorie der Bahnbestimmungen, 4, Übungen, 1 *g*. — **Hefftter**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der linearen Differentialgleichungen, 3; Übungen im mathematischen Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **Kobold**: Theorie der Finsternisse, 2, Übungen, *g*; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte. — **Landsberg**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Höhere Algebra, 4. — **Weinnoldt**: Graphische Statik, 2. —

Universität Königsberg.

Volkmann: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: a) Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten, 6, b) Leitung großer spezieller Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Handfertigkeitspraktikum, 2 *g*. — **Kaufmann**: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus und Elektrizität, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. —

Klinger: Allgemeine und anorganische Chemie, 4; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann und Benrath), tägl. außer Sonnabend; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Blochmann und Benrath), *g*; Über Vorprüfungen bei qualitativer Analyse, 1 *g*. — **Blochmann**: Technische Chemie I: Metallurgie, 2; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Über die für analytische Untersuchungen, sowie für technische Großbetriebe bestehenden gesetzlichen Bestimmungen, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 5; Toxikologische Chemie, 1; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Nahrungs- und Genußmittel-Analyse, 1 *g*. — **Benrath**: Photochemie, 2; Chemie der Kolloide, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Raumgeometrie, 3, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*. — **Schoenflies**: Integralrechnung, 4; Über die Rotation eines Körpers um einen festen Punkt, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Battermann**: Einleitung in die Mechanik des Himmels, 2; Allgemeine Astronomie, 1 *g*. — **N. N.**: Theorie der Beobachtungsfehler: Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 2 *g*. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl und Jaffé), 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik: Strömung imponderabeler Agentien, Wellen, 4; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Elemente der projektiven Dioptrik, 1 *g*. — **Marx**: Physik des Weltalls, 1; Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Dahms**: Thermodynamik, 2. — **Scholl**: Elektrotechnik (experimentell behandelt): Dynamomaschinen nebst Motoren für Gleich- und Wechselstrom, mit Demonstrationen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, $2^1/_2$. — **Fredenhagen**: Ausgewählte Kapitel der Physik: Einführung in die Elektronentheorie, metallische Leitfähigkeit, Lichtelektrizität, 1. — **Jaffé**: Einführung in die Vektoranalysis, 1. —

Beckmann: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl., für Mediziner, 6; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittel-Chemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber und Sieverts), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum für Analytiker, tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Stobbe, Rassow und Ley), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Schaum, Drucker und Freundlich), tägl.; Chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit Schall und Freundlich), 4 oder 8; Übungen in Elektroanalyse (mit Böttger), halbtägig; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger, Drucker und Freundlich), $1^1/_2$ *g*. — **Stobbe**: Die heterozyklischen Verbindungen mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen: Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthrazens usw., 1. — **Wagner**: Einführung in die Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse, Präparate, tägl.; Didaktische Besprechungen zum chemischen Praktikum für Lehrer: Analytisch-präparativer Teil, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Stärke, Zucker, Gärungsgewerbe, Fette, Zellulose, mit Exkursionen, 2; Praktikum der Anwendung organischer Farbstoffe: Färberei und Zeugdruck, 3; Chemisch-technologisches Praktikum, tägl. — **Ley**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse für Anfänger und Fortgeschrittenere, 2; Stereochemie, 1. — **Schaum**: Photochemie III: Chemilumineszenz, chemische Lichtwirkungen, mit Demonstrationen, 2. — **Böttger**: Phasenlehre und ihre Anwendung auf neuere Probleme der Chemie, 1. — **Schall**: Ausgewählte Elektrosynthesen insbesondere organischer Verbindungen, 1. — **Heller**: Praxis des Farbenchemikers, 2. — **Deussen**: Ausgewählte Kapitel der pharmazeutischen Chemie II, 1. — **Drucker**: Chemisches Rechnen, 1. — **Freundlich**: Überblick über die Geschichte der Chemie, 2. — **Scheiber**: Die neueren Synthesen wichtiger organischer Naturprodukte, 2. — **Sieverts**: Besprechung neuerer Arbeiten aus der anorganischen Chemie, 1. — **Ostwald**: Die wichtigsten Ergebnisse der Kolloidchemie, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen in Biologie, Medizin, Mineralogie, Agrikulturchemie usw., 1. — **Waentig**: Physikalische und physikalisch-chemische Methoden in der Nahrungsmittelchemie, 1. —

Neumann: Theorie des Potentials und der Kugelfunktionen, 4; Mathematisches Seminar: Übungen für Vorgeschrittene, 1 *g*. — **Bruns**: Instrumentenkunde, 3; Fehlertheorie und Ausgleichungsrechnung, 1; Praktische Analysis I, 2 *g*; Praktische Übungen in der Sternwarte (mit Peter), *g*. — **Hölder**: Elliptische Funktionen, 5, Übungen für Vorgeschrittene, 2 *g*; Theorie der Gruppen von einer endlichen Zahl von Operationen, 1. — **Rohn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie, 2, Übungen (mit Liebmann), 2. — **Herglotz**: Mechanik, 4, Übungen, 1 *g*; Mechanik der Kontinua, 2. — **Peter**: Die Grundlehren der Astronomie, 2. — **Hausdorff**: Differentialgeometrie: Theorie der Kurven und Flächen, 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Zahlen, 2. — **Liebmann**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5, Ergänzungen (elementarmathematische), 1; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Licht, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Elastizitätstheorie, 2; Repetitorium der Experimentalphysik mit elementarmathematischen Übungen, 1 *g*. — **N. N.**: Physikalische Technologie, mit Demonstrationen, für Verwaltungsbeamte, 2. —

Zincke: Allgemeine Chemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in der allgemeinen und analytischen Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl., für Mediziner (mit Fries), halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 3. — **Schmidt**: Qualitative Analyse, *g*; Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten. — **Fittica**: Chemische Analyse, 3; Ältere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Reißert**: Chemie der Benzolverbindungen, 2. — **Fritsch**: Pyridin-

derivate. — **Haselhoff**: Praktische Übungen in Nahrungsmittel-Untersuchungen, tägl. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 3; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Anorganische Chemie, 1; Chemische Technologie für Verwaltungsbeamte, 1; Elektrochemisches Praktikum, 3; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. —

Hensel: Algebra, 4; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Proseminar, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Variationsrechnung, 4. — **v. Dalwigk**: Potentialtheorie, 3; Unendliche Reihen und Produkte, 1 *g*; Angewandte Mathematik: Perspektive, 4. — **Hellinger**: Analytische Geometrie II, insbesondere Flächen 2. Grades, 3; Integralgleichungen und Gleichungen mit unendlich vielen Unbekannten, 2. — **Wegener**: Astronomisch-geographische Ortsbestimmung für Forschungsreisende, mit Übungen, 1. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I, 5; Praktische Übungen im Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Sommerfeld**: Vektoranalysis, zugleich als Einleitung in die mathematische Physik, mit Übungen, 3; Thermodynamik, 3, Seminar, Vorträge und Demonstrationen, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Graetz**: Physik (experimentell) I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. *g*. — **N. N.**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4; Meteorologisches Praktikum, 3—12. — **Donle**: Physikalische Maße und Meßmethoden, 2. — **Laue**: Interferenz und Beugung, 1 *g*. — **Koch**: Spezialkapitel aus der neueren experimentellen Optik: Breite und Struktur von Spektrallinien, Linienverschiebung durch Druck, Fluoreszenz von Metalldämpfen, 1. — **Schmauß**: Atmosphärische Elektrizität, 2. — **Wagner**: Mathematische Ergänzungen zur Vorlesung über Experimentalphysik I, 1. —

v. Baeyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Hofmann und Piloty in der unorganischen, mit Dimroth und Dieckmann in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Hofmann), 4. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten (z. T. mit Prandtl), tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (z. T. mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend. — **Hofmann**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Metalloide und Schwermetalle, mit besonderer Berücksichtigung der physikalischen Chemie, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum, einschließlich Spektralanalyse, 4. — **Piloty**: Analytische Chemie I: Qualitative und quantitative Gewichtsanalyse, 3; Elektrolytisches Praktikum, 4—5 wöchentlich. — **Dimroth**: Benzolderivate, 4. — **Dieckmann**: Chemie der Kohlehydrate, 1 *g*. — **Wieland**: Organisch-chemische Technologie in ausgewählten Kapiteln, 2, Exkursionen, 1 *g*; Organisches Kolloquium, 1. — **Prandtl**: Anorganisch-chemische Technologie I, mit Exkursionen, 3; Erläuterungen zum anorganisch-chemischen Praktikum, 2. —. **Heiduschka**: Ausmittelung von Giften: Gerichtliche Chemie, 1; Erläuterungen zum pharmazeutisch-chemischen Praktikum, 1. —

Lindemann: Differentialrechnung, 5; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar: Linien- und Kugelgeometrie, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Grundlehren der Astronomie in gemeinverständlicher Darstellung, 4; Astronomisches Kolloquium, *g*. — **Voß**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 4; Mathematisches Seminar: Anwendungen der Flächentheorie, 2 *g*. — **Pringsheim**: Einführung in die Theorie der analytischen Funktionen, 5. — **Brunn**: Die neuere Entwicklung der Analysis situs, 2. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 3; Synthetische (neuere) Geometrie, 4; Übungen, 1 *g*; Die bildliche Darstellung, ihre Grundlagen und ihre Entwicklung, 2. — **Großmann**: Anleitung zur Ausführung astronomischer Rechnungen und zum Gebrauch der Jahrbücher, 3. — **Hartogs**: Theorie der Abelschen Funktionen, 4. — **Perron**: Fortsetzung der Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Theorie der Kettenbrüche, 2. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärmelehre, Elektrophysik I, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete der Physik. — **K. Fischer**: Grundzüge der Physik: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Einführung in die theoretische Physik: Mechanik, Hydrodynamik, Elastizität, Wärme, 3. — **Knoblauch**: Ausgewählte Kapitel der technischen Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik. — **Emden**: Aerodynamik und Anwendung auf Flugtechnik, 3; Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Kurz**: Meßmethoden und Resultate der neueren Forschungen über die Elektrizität der Atmosphäre, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie: Technische Thermodynamik, 2, Übungen, 1. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, mit Übungen, 6 Nachmittage. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Elektrische Meßtechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8, für Vorgeschrittene, 20—32. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 3; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I: Elektrische Kraftbetriebe, 2, Elektrische Bahnen, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Entwerfen elektrischer Anlagen, Übungen, 2. —

Muthmann: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Eibner**: Geschichte der aromatischen Diazoverbindungen, 1. — **Rohde**: Die wichtigsten Pflanzenalkaloide, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde I, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen, 30. —

v. Dyck: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder und Burkhardt), 2. — **Finsterwalder**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Elementare Mathematik, Algebraisch-analytischer Teil (mit Burkhardt), 2, Übungen, 1, Geometrischer Teil, 2, Übungen, 1. — **Burkhardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2. — **Näbauer**: Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum, 2 oder 4; Landesvermessung, 4; Katastertechnik, 3, Praktikum III, 4; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Rechnungs- und Messungsmethoden der Bayer. Katasterkommission, 1; Mechanisches und graphisches Rechnen: Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter usw., 1. — **Großmann**: Elemente der Astronomie, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik II; Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Matthies), 3 und 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Matthies), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Einführung in die theoretische Physik, 3, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Photographie und photographisches Praktikum für Anfänger (mit Thiel), 3; Spektralanalyse, 2 *g*. — **Matthies**: Einführung in die Vektoranalysis, 1. —

Salkowski: Anorganische Chemie, 5; Organische Chemie II: Die aromatischen Verbindungen, 2 *g*; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Kaßner und Thiel), 6. — **König**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*; Übungen im Laboratorium der agrikulturchemischen Versuchsstation, tägl. — **Kaßner**: Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie mit besonderer Berücksichtigung der Technologie des Wassers, 1; Maßanalyse, 1 *g*; Pharmazeutisch-chemische, toxikologische und maßanalytische Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Thiel**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, 3; Theoretisch-chemische Übungen und Lektüre neuerer Arbeiten, 1 *g*. — **Bömer**: Analyse der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Repetitorium der Nahrungsmittelchemie, 1 *g*; Die landwirtschaftlichen und technischen Erzeugnisse der deutschen Kolonien, 1 *g*. —

Killing: Differential- und Integralrechnung II, 4; Übungen, 1 *g*; Determinanten und elementare Algebra, 2; Zahlentheorie, 2; Mathematisches Unterseminar, 2 *g*. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie II, 4; Analytische Mechanik II, 4; Versicherungsmathematik, 1; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **Dehn**: Darstellende und projektive Geometrie, mit Übungen, 5; Gruppentheorie, 2; Lektüre ausgewählter Klassiker der mathematischen Physik (mit Matthies), 2 *g*. — **Plaßmann**: Mathematische Geographie und elementare Astronomie, 2 *g*; Sphärische Trigonometrie und sphärische Astronomie, 2; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1; Übungen im Beobachten und Rechnen, *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Elektrizität und Magnetismus, 2; Wärmelehre, 1, Übungen, 1; Praktische Übungen für Anfänger, 2, für Vorgeschrittene, 2. — **Könnemann**: Allgemeine Physik des Himmels, 1. —

Wörner: Anorganische Chemie, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 2; Praktischer Kursus der physiologischen Chemie, 2; Praktische Arbeiten auf dem Gebiete der allgemeinen, physiologischen und Nahrungsmittelchemie, ganz und halbtägig. — **Mendelsohn**: Chemisch-technische Übungen, 2; Einführung in die Geologie, 1. —

Thieme: Arithmetik und Algebra mit besonderer Berücksichtigung der graphischen Methoden, 2. —

Universität Prag.

N. N.: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I für Physiker und Mathematiker, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Lippich**: Theorie der Elastizität, 3; Hydrodynamik, 2, Seminar, 2 *g*. — **Spitaler**: Meteorologie II: Luftdruck und Luftbewegung, 3; Erdbebenkunde, 2. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I: Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre, 4; Radioaktivität, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Goldschmiedt**: Anorganische Chemie, 5; Chemische Experimentierübungen, 2; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, täglich außer Sonnabend; Übungen in sanitätspolizeilichen Untersuchungen und in der Prüfung der offiziellen chemischen Präparate für Physikatskandidaten, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Kirpal**: Maß- und Gewichtsanalyse, 3. — **Hönigschmid**: Chemie der hohen Temperaturen, 2. — **Meyer**: Alkaloide, 1. —

Pick: Transformationstheorie, 5, Seminar, 2 *g*. — **Grünwald**: Differential- und Integralrechnung, 5. — **Weinek**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3. — **Oppenheim**: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 3. — **Scheller**: Astrophysik, 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik: Metrologie, Fundamentalsätze der Mechanik, Mechanik physikalischer Körper, Hydrostatik und Hydrodynamik, Aerostatik und Aerodynamik, Akustik, Optik, Wärmelehre, Molekulartheorie, 5, für Kulturingenieure, 3; Physikalisches Praktikum für Chemiker, 3, für Lehramtskandidaten, 6. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4, Praktische Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie, 3. —

Meyer: Allgemeine Experimentalchemie: Mineralstoffe, 6; Analytische Chemie (qualitative), 2, Praktische Übungen, 21, in der quantitativen Analyse, 25; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 30; Alkaloide für Geübtere, 1. — **v. Gintl**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2, Übungen, 6; Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 4; Elementar-Analyse organischer Verbindungen, 2, Übungen, 2; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung, 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie I: Chemische Statik und Dynamik, 2, III: Elektrochemie, 3, Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15; Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 23. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe, $6^1/_2$, Übungen im Organisch-technologischen Laboratorium, $23^1/_2$. —

Carda: Mathematik I, 6, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Übungen, 1; Mathematik für Kandidaten des Lehramts an höheren Handelsschulen, 3; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung: Hypergeometrische Reihe, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Grünwald**: Kinematik, 2. — **N. N.**: Mathematik IIb, 5, Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 4. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktive Übungen, 8, 5 und 6; Geometrie der Lage, 3, Übungen, 4; Übungen in der darstellenden Geometrie, 6. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik II, 2; Mechanik I: Statik und Dynamik, 6, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Materialienlehre, 1. — **Adamczik**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Praktische Geometrie: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 2, Geodätischer Kurs, 2, Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen, Übungen, 2; Technisches Zeichnen A, 4 und 3. — **Haerpfer**: Stereophotogrammetrie, 1. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 8 und 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1 *g*. — **Weber**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Optik, 2. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Toxikologisches Praktikum (mit Stoermer), 4, d) Übungen für Mediziner, 4, e) für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Stoermer**: Analytische Chemie, 4; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2; Chemie der Riechstoffe, 1. — **Honcamp**: Agrikulturchemisches Praktikum, tägl.; Agrikulturchemie: Pflanzenernährung einschließlich Düngerlehre, 2. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Statik, Kinetik, Thermochemie, Photochemie, 4; Kleines physikochemisches Praktikum, 2; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 3; Chemische Untersuchungen der Arzneimittel, 1; Ausgewählte Kapitel der technischen Chemie, 1; Die Untersuchung der Nahrungsmittel, 1; Examinatorium der Chemie für Pharmazeuten, 1. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Elliptische Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, 5 Tage; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Theorie des Lichts, mit Demonstrationen, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Mandelstam**: Elektromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie (experimentell), 1. — **Hergesell**: Die heutigen Luftschiffe und Flugmaschinen, 2; Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium, 14tägig, 2; Meteorologische Übungen, für Geübtere, *g*. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Straus), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Straus), 14tägig, 1 *g*. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **N. N.**: Analytische Chemie, $2^1/_4$; Elektrochemie, 1; Übungen in physikalisch-chemischen Meßmethoden. — **Kreutz**: Zuckerfabrikation und Bierbrauerei mit Exkursionen, 1. — **Straus**: Die Teerfarbstoffe und ihre Anwendung in der Färberei, $1^3/_4$; Organische Reaktionen in ihrem Zusammenhang, 2; Praktikum über die Anwendung der Teerfarbstoffe. — **Schär**: Pharmakognosie, 4; Pharmakognostische Demonstrationen, 1 *g*; Grundzüge der physiologischen Chemie, 2; Übungen und Untersuchungen im pharmazeutischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum (mit Rosenthaler) I, 3, II, 2—3; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Kreutz), tägl. außer Sonnabend. — **Rosenthaler**: Anatomie der wichtigsten Drogen 1; Praktikum der Harnuntersuchung, 3—4. —

Schur: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Flächentheorie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, für Vorgerückte, $1^1/_2$ *g*. — **Weber**: Differential- und Integralrechnung, 4; Variationsrechnung, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein und Epstein), $1^1/_2$ *g*. — **Wellstein**: Partielle Differentialgleichungen, 5; Übungen im Unterseminar, 1. — **Simon**: Methodik der elementaren Mathematik, 2, Übung, 1. — **Epstein**: Determinanten, 2. — **Bauschinger**: Sphärische Astronomie, 4; Methoden des wissenschaftlichen Rechnens, 1 *g*; Astronomische Beobachtungen an Instrumenten der Sternwarte für Vorgeschrittene. — **Wirtz**: Photometrie der Gestirne, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik, 4; Theoretische Physik, 2; Übungen im physikalischen Laboratorium, tägl.; Meteorologie, 1; Mathematische Ergänzung, 1—2; Handfertigkeitspraktikum in Physik, 2—3. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik, 6; Elektrische Maschinen und Apparate, 3; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Einrichtung und Betrieb elektrotechnischer Fabriken, 1; Projektieren elektrischer Anlagen, Übungen, 4. — v. **Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium: Praktikum II (mit Herrmann), tägl. außer Sonnabend, III. — **Herrmann**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2; Schwachstromtechnik, 2, Übungen; Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Theorie der Wechselströme, 2; Elektrotechnisches Laboratorium: Praktikum II, 3. —

v. **Holl**: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 5; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Müller**: Elektrochemie, 2; Technische Chemie, 2; Analytische Chemie auf physikochemischer Grundlage, 1; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und technische Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Häussermann**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Kauffmann**: Repetitorium der unorganischen Chemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Farbenchemie, 2. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Organische Chemie für Vorgeschrittene, 2. — **Philip**: Maßanalyse, 1. — **Rohland**: Technologie der Mörtelmaterialien, 1 *g*; Unorganische Chemie mit Berücksichtigung technischer Prozesse, 1 *g*. — **Brunner**: Photochemie mit besonderer Berücksichtigung der Photographie, 1. — **Obermiller**: Der Steinkohlenteer und die Zwischenprodukte der organisch-chemischen Großindustrie, 1. — **Haller**: Trigonometrie, 2, Übungen, 2. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Synthetische Geometrie, 3. — **Bretschneider**: Repetitionen in niederer Mathematik, 2. — **Wölffing**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 1; Funktionentheorie, 3. — **N. N.**: Analytische Geometrie des Raumes, 2, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel aus der neueren analytischen Geometrie der Ebene und des Raumes einschließlich Invariantentheorie, 3; Kurvendiskussion mit Übungen, 1; Differential- und Integralrechnung II, 4, mit Übungen III, 3, mit Übungen; Mathematisches Seminar, 1. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Analytische Mechanik, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 1. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4; Geodätische Übungen, 4. — **Hammer**: Ausarbeitung der geodätischen Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie: Vermessungskunde I, 3, Übungen, 4 und 2; Kartenprojektionen für kartographische und geodätische Zwecke, 2; Grundzüge der höheren Geodäsie, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Schall, Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Physikalische Übungen für Anfänger, 4; Selbständige physikalische Untersuchungen, tägl. — **Waitz**: Theorie des Lichtes, 3, Übungen, 2; Meteorologie und Klimatologie, 1. — **Gans**: Elektronentheorie, 2; Das absolute Maßsystem und die absoluten Messungen, 1. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie I; Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im Laboratorium, tägl.; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow); Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland); Präparative Arbeiten (mit Wedekind); Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Bülow, Weinland und Wedekind). — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie I, 3; Chemie und Technologie künstlicher, organischer Farbstoffe: Triphenylmethanabkömmlinge, Induline und Safranine, 1. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe I: Anorganisch, 2; Quantitative Untersuchung der Arzneistoffe, 1; Chemie der Nahrungsmittel, 1. — **Wedekind**: Theoretische und physikalische Chemie, in elementarer Form, 2; Chemie der aromatischen Verbindungen I: Benzolderivate, 2; Physikochemische und gasanalytische Übungen, 2. — **Lötsche**: Die Fermente und ihre Wirkungen, 1. —

v. **Brill**: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Algebra, 4; Höhere Analysis II, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Happel**: Partielle Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 1; Versicherungsmathematik, 1 oder 2. —

Universität Wien.

Franz Exner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten I, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium (mit v. Schweidler), 1 *g*. — **Hasenöhrl**: Wärmelehre, 5; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*. — **Lampa**: Der Wechselstrom, 2; Die Verflüssigung der Gase, 1. — v. **Schweidler**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten I, 6; Experimentalphysik für Pharmazeuten, 5. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik I, 5. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8; Experimente zur Optik, 3. — **Kohl**: Grundzüge der elektromagnetischen Lichttheorie, 2. — **Przibram**: Kapillarität, 1. — **Ehrenhuft**: Theorie des Wechselstromes, 1. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie, 2; Klima von Europa, besonders von Österreich-Ungarn, 1. — **Felix Exner**: Prak-

tische Meteorologie, 1. — **Conrad**: Berechnung periodischer Erscheinungen mit Beispielen aus der Meteorologie und kosmischen Physik, 1. — **Defant**: Thermodynamik der Atmosphäre, 2. —

Skraup: Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Arbeiten im II. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl.; Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5. — **Wegscheider**: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Metalle, 5; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **Herzig**: Chemie der Benzolderivate, 5; Übungen aus pharmazeutischer Chemie für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel der Chemie und Technologie der Nahrungsmittel, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. — **Pollak**: Chemische Technologie: Organische Farbstoffe und ihre Anwendungen, mit Exkursionen, 2; Färberei-chemische Übungen, 5. — **Wenzel**: Chemische Technologie: Brennstoffe, 1. — **Billiter**: Technische Elektrochemie, 2. — **M. Kohn**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Die synthetischen Methoden der organischen Chemie, 1. —

Escherich: Bestimmte Integrale und Variationsrechnung, 5; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Mertens**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, *g*; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1 *g*. — **Wirtinger**: Differentialgleichungen, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Invariantentheorie mit geometrischen Anwendungen, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 4. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik I, 3. — **Hahn**: Integralgleichungen, 3. — **Hanni**: Ausgewählte Kapitel der Funktionentheorie, 2. — **Schrutka**: Differentialgeometrie, 1. — **Tietze**: Analysis situs, 2. — **Hepperger**: Sphärische Astronomie, 4; Über spektroskopische Doppelsterne, 1 *g*. — **Schram**: Zeitrechnung verschiedener Völker und Umrechung von Daten verschiedener Aren, mit besonderer Rücksicht auf Historiker, 1. — **Prey**: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2. — **Herz**: Die kosmischen Ursachen der Eiszeiten, 2. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 5; Optik für die Hörer des geodätischen Kurses, 2. — **Mache**: Physik, 5. — **Lisnar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure, 2. — **Sahulka**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Übungen zu den Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Elektrische Schwingungen und Wellen, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 5, Konstruktionsübungen II, 10. — **Hochenegg**: Elektrische Arbeitsübertragung, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, 2. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Kick**: Mechanische Technologie II, 5. — **Hauptfleisch**: Mechanische Technologie III, 5. — **Ludwik**: Mechanische Technologie, 5; Technologische Mechanik, 1. —

Suida: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie II, 4; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Bamberger**: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6, Übungen, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3; Praktische Übungen in der Ausführung technischer Proben, 3. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20; Technische Feuerungen, 5. — **Moser**: Die Methoden der technischen und exakten Gasanalyse, 2. — **Praetorius**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie organischer Verbindungen, 1; Physikalisch-chemisches Messen und Rechnen, 1. — **Skrabal**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Böck**: Chemie der metallorganischen Verbindungen, 1; Katalytische Prozesse in der organischen Chemie, 1. — **Paweck**: Theoretische Elektrochemie, 2; Die elektrischen Akkumulatoren, 1. — **Abel**: Chemische Kinetik, 1; Theorie und Praxis der galvanischen Elemente mit besonderer Berücksichtigung der Akkumulatoren, 1. — **Klimont**: Chemie der Fette, 1. — **Lippmann**: Chemie der Benzolderivate, 3. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Lafar**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Strache**: Gasfeuerungen. — **Erban**: Chemische Textilindustrie I und II, 2. — **Ruß**: Chemische Technologie der Gase, 2. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 5, Korrepetitionen; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **N. N.**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1. — **Reich**: Ausgewählte Kapitel aus der höheren Algebra, 2. — **v. Schrutka**: Enzyklopädie der höheren Mathematik für Lehramtskandidaten, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktives Zeichnen, 6; Zyklographie, 2, Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie I, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Finger**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5, Korrepetitionen; Enzyklopädie der Mechanik, 5. — **Jung**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5; Einführung in die Vektoranalysis, 1; Hydrodynamik, 2. — **N. N.**: Allgemeine Mechanik, 3. — **Kirsch**: Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 6. — **Girtler**: Analytische Mechanik der flüssigen Körper, 2; Dynamik der materiellen Punktsysteme im allgemeinen und des starren Körpers im besonderen, 2. — **Leon**: Analytische Mechanik des elastischen, festen Körpers: Theorie der Elastizität und Festigkeit, $1^1/_2$. — **Pollack**: Elemente der niederen Geodäsie, $4^1/_2$. — **Dolezal**: Praktische Geometrie, $4^1/_2$, Übungen, 5; Situationszeichnen, 4, Geodätischer Kurs, 4; Photogrammetrie, 1, Übungen, 2; Photo- und Stereophotogrammetrie, $1^1/_2$, Übungen, 2. — **Tintor**: Höhere Geodäsie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, statische Elektrizität, 5; Praktische Übungen, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Elektrizität und Magnetismus, 4. — **Harms**: Übersicht über die Elektronentheorie, Relativitätstheorie, 2. —

Medicus: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Kursus technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- oder ganztägig. — **Tafel**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Pauly), 8; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl. — **Manchot**: Analytische Chemie, Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums, 3. — **Reitzenstein**: Über isozyklische Verbindungen, 2. — **Pauly**: Die Terpen- und Kampfergruppe, 1. — **Schlotterbeck**: Moderne chemische Literatur, 1 *g*. —

Rost: Differentialrechnung mit Einleitung in die höhere Analysis, 4, Übungen, 2 *g*; Analytische Geometrie des Raumes, 4; Astrometrie II: Astronomische Zeit- und Ortsbestimmungen, 2, Praktische Übungen auf der Sternwarte; Analytische Geometrie der Ebene, 4; Determinantentheorie, 2; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*. — **v. Weber**: Differentialgleichungen, 4; Theorie der ebenen algebraischen Kurven, 3; Darstellende Geometrie III: Axonometrie und Perspektive, $1^1/_2$ *g*; Ergänzungen und Übungen zur Geometrie der Kegelschnitte, 2 *g*. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere, tägl. — **Einstein**: Einführung in die Mechanik, 4; Thermodynamik, 2; Physikalisches Seminar, 1. — **Adler**: Erkenntnistheoretische Einleitung in die Physik, 1; Theorie statischer elektrischer Felder, 1. — **Greinacher**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 5; Organische Chemie II, 2; Chemisch-analytisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.: Chemisches Halbpraktikum, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemisches Kolloquium, 1 g; Chemisches Praktikum für Mediziner, Veterinäre und Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Anfänger und Vorgerücktere (Nichtchemiker), tägl., für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Stereochemie, 2; Alkaloide, 1. — **Grün**: Naphthene, Terpene und Kampfer, 2; Bestimmung der Atomgruppen in organischen Verbindungen, 1. —

Schmidt: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der Differentialgleichungen, 4; Übungen für Vorgerücktere, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie I, mit Übungen, 4; Mathematische Geographie, 2. — **Gubler**: Algebraische Analysis, 2; Inhalt und Methode des geometrischen Unterrichts an Mittelschulen, 1; Sphärische Trigonometrie, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Meßmethoden der Elektrotechnik, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Elektrische Schwingungen, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8, 16; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24; Experimentelle Untersuchungen in Wechselstrom und an Wechselstrommotoren, 4. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Wissenschaftliche Arbeiten in den physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Optik, 2; Graphische Methoden in der Wechselstromtechnik, 2; Thermodynamik, 2. — **Cherbuliez**: Eulers Arbeiten auf dem Gebiete des Maschinen- und Ingenieurwesens, 1; Kapillarität, Geschichte und Theorie, 1; Geschichte der Physik im 17. und 18. Jahrhundert III, 2. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen II, 2, Übungen und Konstruktionen, 3; Elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung, 3, Repetitorium, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Schwachstromtechnik I, 1; Militärtelegraphie und -telephonie, 1. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen II, 2, Maschinenkonstruieren, 6; Demonstrationen in der elektrischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, $^1/_2$ Tag; Wechelstrom-Kommutator-Motoren, 1; Entwicklung der Dynamotheorie, 1. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2. —

Treadwell: Analytische Chemie I, 2; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bzw. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Berl**: Theorie chemisch-technischer Prozesse, 2; Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, 1. — **Bolhard**: Anorganisch-chemische Technologie, 4, Repetitorium, 1; Heizung, 2; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Feuerungs- und gastechnische Anwendungen der Thermochemie, 1; Untersuchung, Verwendung und Begutachtung der Brennmaterialien, 1. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Lebensmittelanalyse mit Übungen, 2; Technische Mikroskopierübungen 1; Fasern und Stärke, $^1/_2$ Tag; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, $^1/_2$ Tag; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 4 halbe Tage. — **Kaufler**: Konstitutionsbestimmung organischer Substanzen, 1 g. — **N. N.**: Physikalische Chemie II, 2; Allgemeine Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum, $^1/_2$ Tag; Elektrochemisches Praktikum, $^1/_2$ Tag; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. — **Ott**: Theorie und Praxis der Leuchtgasindustrie, 1. — **Schmidlin**: Geschichte der Chemie, 1; Chemie der Alkaloide, 1. — **Schulze**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 2; Landwirtschaftlich-chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, 2; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 8; Agrikulturchemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Willstätter**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bzw. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Chemie der Milch und Milchprodukte, 2; Untersuchung landwirtschaftlichwichtiger Produkte, 1. —

Großmann: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 4. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 4, Repetitorium, 1; Erdmessung, 2; Geodätisches Praktikum, 2. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 1; Analytische Geometrie des Raumes und der Flächen 2. Grades, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2. — **Dumas**: Algebraische Funktionen einer unabhängigen Veränderlichen, 2; Graphische Rechnung, 1. — **Du Pasquier**: Versicherungsmathematik II, 2; Methode der kleinsten Quadrate, 1; Historische Entwicklung des Zahlenbegriffes, 1. — **Franel**: Höhere Mathematik, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Theorie der Differentialgleichungen, 4, Repetitorium, 1. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4, Repetitorium, 1; Elemente der Ballistik, 1. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Differentialgleichungen, 4, Übungen, 1. — **Hurwitz**: Zahlentheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Kollros), 2. — **Keller**: Mathematik, 4; Monokonfokale Kegelschnitte (konstruktiv-geometrisch), 2. — **Kienast**: Näherungsmethoden, 3. — **Kollros**: Beschreibende Geometrie, 4 und 2, Übungen, 4, Repetitorium, 1; Geometrie der Lage, 3. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 5; Geometrischer Kalkül III, 2; Vektoranalysis, 3; Geschichte der Mathematik und Mechanik, 2. — **Meißner**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

Gesuche.

Die Regierung eines größeren

südamerikanischen

Staates beabsichtigt einen hervorragenden, im Bromatologie erfahrenen deutschen

Chemiker

anzustellen und ihm die Leitung eines chemisch-analytischen Laboratoriums zu übertragen. Der Vertrag würde u. a. ein monatliches Honorar von ca. 625 Mark vorsehen. Gefällige ausführliche Anerbieten mit Angabe der besonderen Bedingungen befördert die Verlagsbuchhandlung von **S. Hirzel** in **Leipzig**, Königstraße 2.

Assistent

gesucht für das physikalische Kabinett der Universität **Königsberg i.P.** Eintritt sofort oder 1. Januar 1910. Bewerbungen mit ausführlichem Lebenslauf sind an **Prof. W. Kaufmann, Königsberg** zu richten.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

OBERLIN COLLEGE LIBRARY

Fig. 1. Sternenhaufen Messier 11 und der benachbarte Teil der Milchstraße. (Photographiert auf dem Mount Wilson von Prof. Barnard mit einer kleinen Stereoptikon-Linse.)

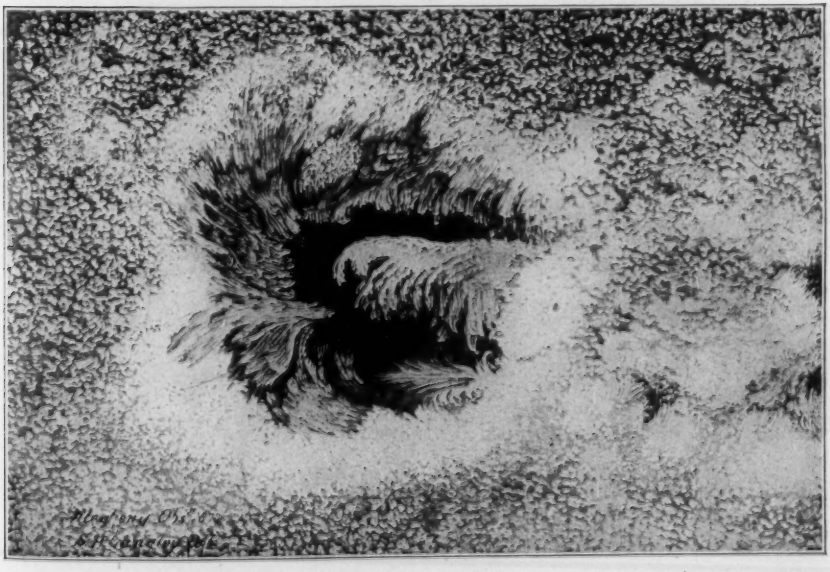

Fig. 2. Ein typischer Sonnenfleck. (Nach einer Zeichnung von S. P. Langley.)

OBERLIN
COLLEGE
LIBRARY

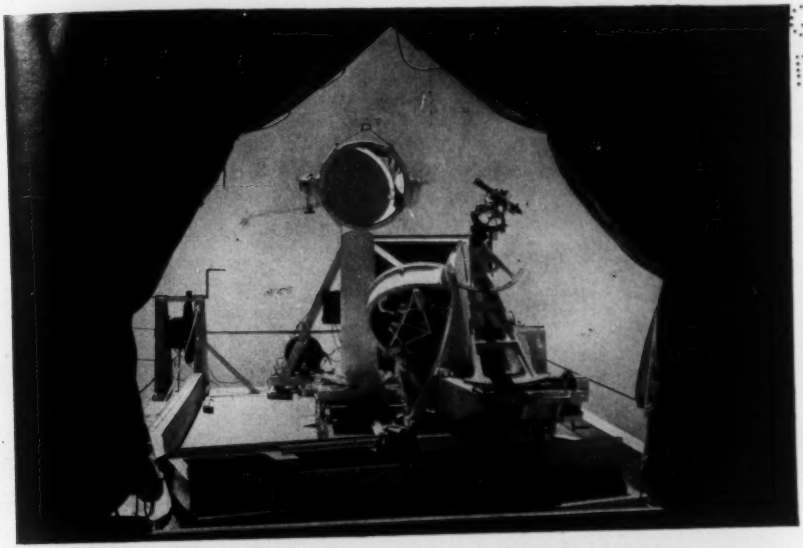

Fig. 3. Coelestat und zweiter Spiegel des Snowschen Teleskops.

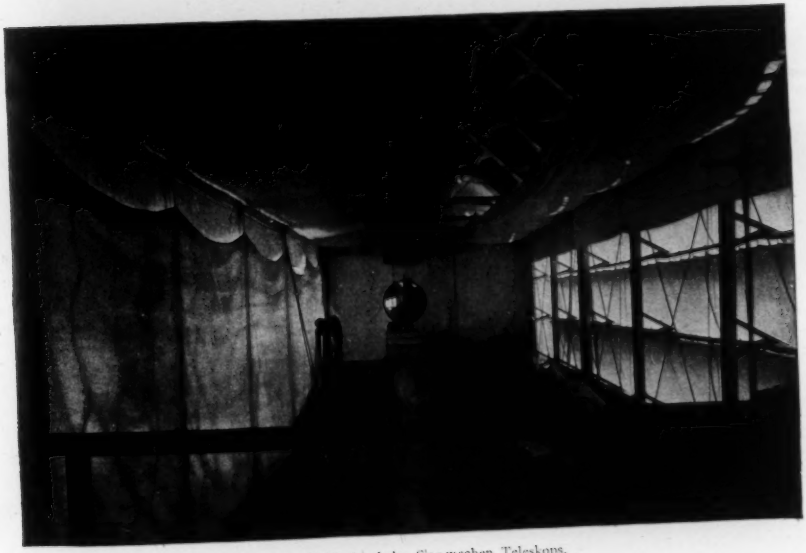

Fig. 4. Hohlspiegel des Snowschen Teleskops.

OBERLIN COLLEGE LIBRARY

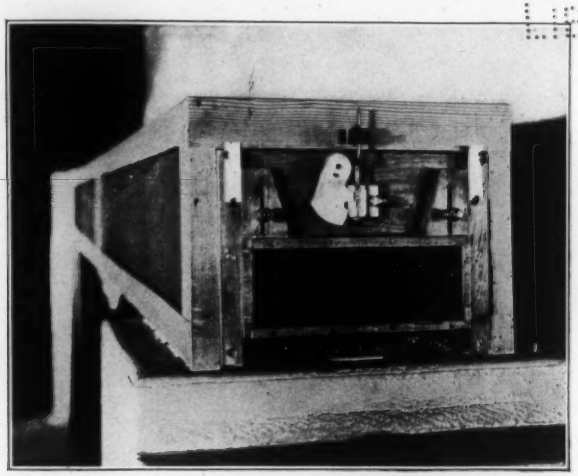

Fig. 5. Ende mit Spalt und Plattenträger des einfachen hölzernen Littrowschen Spektrographen mit Autokollimation (18 Fuß Brennweite), in Gebrauch im spektroskopischen Laboratorium auf dem Mount Wilson.
(Nicht das im Text erwähnte Instrument, sondern ein ähnliches, zum Gebrauch in einem offenen Raume geeignetes.)

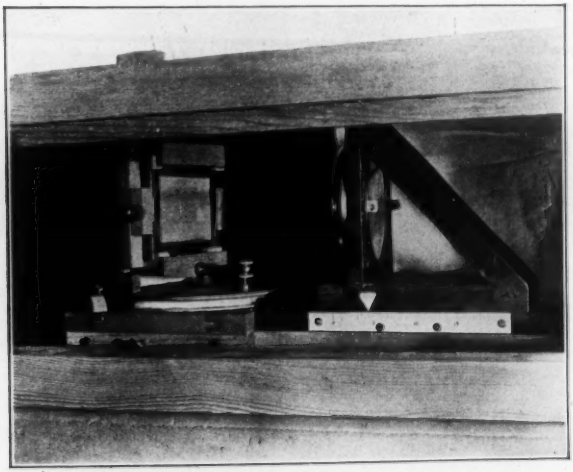

Fig. 6. Gitter- und Linsenträger für einen modernen Spektrographen (18 Fuß Brennweite), in Gebrauch im spektroskopischen Laboratorium auf dem Mount Wilson. Man sieht den Balken, der die Reflexe an der Linse abblenden soll.

Eingegangene Schriften.

(Eingehende Besprechung vorbehalten.)

Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre. Zeitschrift für die Erforschung der höheren Luftschichten, herausgegeben v. R. Assmann u. H. Hergesell. III. Band, 1. Heft. gr. 8. 56 S. Leipzig, O. Nemnich. 1909. M. 3.50

Classen, J., Vorlesungen über moderne Naturphilosophen (Du Bois-Reymond, F. A. Lange, Haeckel, Ostwald, Mach, Helmholtz, Boltzmann, Poincaré und Kant). 8. 180 S. Hamburg, C. Boysen. 1908. M. 3.50, gebunden M. 4.50

Claude, G., Air liquide oxygène azote. Préface de M. d'Arsonval. gr. 8. 399 S. mit 149 Figuren. Paris, 49 Quai des Grands-Augustins, H. Dunod et E. Pinat. 1909.

Hersen, C. u. R. Hartz, Die Fernsprechtechnik der Gegenwart (ohne die Selbstanschluß-Systeme). In etwa 10 Lieferungen. Mit mehr als 600 Abbildungen und 1 Tafel. Vierte Lieferung. 64 S. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1909. M. 2.50

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Fortschritte der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben v. R. Meyer. XVIII. Jahrg. 1908. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1909. M. 18.—, gebunden M. 19.— und M. 20.—

Koppe-Heusmanns Lehrbuch der Physik mit Einschluß der Chemie und mathematischen Geographie. 33. Auflage des ursprünglichen Werkes. Ausgabe B in zwei Lehrgängen. I. Teil: Lehrgang für die Unterstufe der höheren Lehranstalten. 10. Auflage. gr. 8. VIII u. 266 S. mit 238 Holzschnitten im Text und 1 farbigen Sternkarte. Essen, G. D. Baedeker. 1909. Gebunden M. 2.20

Koppe-Heusmanns Lehrbuch der Physik mit Einschluß der mathematischen Geographie. (28. Auflage des ursprünglichen Werkes.) Ausgabe B in zwei Lehrgängen. II. Teil: Lehrgang für die Oberstufe. (Größere Ausgabe.) 7. Auflage v. K. Knops. gr. 8. VIII u. 440 S. mit 354 Holzschnitten im Text, 1 mehrfarbigen Tafel der Spektren verschiedener Elemente und Himmelskörper und 1 farbigen Sternkarte. Essen, G. D. Baedeker. 1909. Gebunden M. 5.20

Lorentz, H. A., The theory of electrons and its applications to the phenomena of light and radiant heat. (B. G. Teubners Sammlung von Lehrbüchern auf dem Gebiete der mathematischen Wissenschaften. Bd. XXIX.) gr. 8. 332 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1909. M. 8.—, gebunden M. 9.—

Lorenz, R. u. F. Kaufler, Elektrochemie geschmolzener Salze. (Handbuch d. angewandten physikalischen Chemie. Band 11, Abt. I.) gr. 8. VI u. 84 S. mit 17 Abbildungen. Leipzig, Joh. Amb. Barth. 1909. M. 3.60

Lüppo-Cramer, Die Röntgenographie in ihrem photographischen Teil. (Encyklopädie der Photographie. Heft 67.) 8. 140 S. mit 1 Tafel in Farbendruck und 13 Abbildungen. Halle a. S., Wilh. Knapp. 1909. M. 4.80

Mauvillo, O., Les découvertes modernes en physique. Deuxième édition revue et augmentée. gr. 8. 462 S. mit 65 Figuren. Paris, A. Hermann et fils. 1909. 8 fr.

Meyer, Th., Vom reinen Druck und Schnee. Eine Naturbetrachtung. 8. 16 S. Winterthur, Buchdr. Geschw. Ziegler. 1909.

Michaelis sen., Der Enthärtungsprozeß der kalkhaltigen hydraulischen Bindemittel. 8. 49 S. Dresden, Th. Steinkopff. 1909. M. 1.50

Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens insbesondere aus den Laboratorien der technischen Hochschulen herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure. Heft 71: Rogowski, Über das Streufeld und den Streuinduktionskoeffizienten eines Transformators mit Scheibenwicklung und geteilten Endspulen. Lorenz, Die Aenderung der Umlaufzahl und des Wirkungsgrades von Schiffschrauben mit der Fahrgeschwindigkeit. gr. 8. 48 S. Berlin, Jul. Springer. 1909. M. 1.—

Müller, P. J., Kraft und Stoff im Lichte der neueren experimentellen Forschung. Monismus oder Dualismus? gr. 8. 63 S. Leipzig, Joh. Amb. Barth. 1909. M. 1.20

Naies, O., Die elektrische Arbeitsübertragung. (Wissen und Können. Band XII.) gr. 8. VII u. 260 S. mit 144 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1909. Gebunden M. 6.—

Nernst, W., Theoretische Chemie. Vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik. 6. Auflage. gr. 8. XVI u. 794 S. mit 50 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke. 1909. M. 20.—

Nimführ, R., Die Luftschiffahrt. Ihre wissenschaftlichen Grundlagen und technische Entwicklung. (Aus Natur und Geisteswelt. 300. Bändchen.) 8. 152 S. mit 42 Abbildungen. Leipzig, B. G. Teubner. 1909. Gebunden M. 1.25

Nölke, Fr., Die Entstehung der Eiszeiten. (Sonderabdruck aus den „Deutschen Geographischen Blättern", Band XXXII, 1909.) gr. 8. 30 S.

— Neue Erklärung des Ursprungs der Kometen. (Sonder-Abdruck aus den Abh. d. Nat. Ver. Brem., Bd. XX. Heft 1.) 8. 42 S. Bremen, Ver. Druckereien Illing & Lüken. 1909.

— Neue Erklärung der Entstehung der irdischen Eiszeiten. (Sonder-Abdruck aus den Abh. d. Nat. Ver. Brem., Bd. XX. Heft 1.) 8. 28 S. Bremen, Ver. Druckereien Illing & Lüken. 1909.

Orlich, E., Kapazität und Induktivität. Ihre Begriffsbestimmung, Berechnung und Messung. (Elektrotechnik in Einzeldarstellungen. 14. Heft.) 8. XII u. 294 S. mit 124 Abbildungen und 1 Kurventafel. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1909. M. 14, gebunden M. 15.—

Ostwald, Wo., Grundriß der Kolloidchemie. gr. 8. XIV u. 525 S. mit einem Porträt von Thomas Graham. Dresden, Th. Steinkopff. 1909. M. 12, gebunden M. 13.50

Pöschl, V., Die Härte der festen Körper und ihre physikalisch-chemische Bedeutung. 8. 85 S. mit 4 Figuren u. 1 Tafel. Dresden, Th. Schubert. 1909. M. 2.50

Ries, Chr., Das Licht in seinen elektrischen und magnetischen Wirkungen. Versuchsergebnisse, Theorien und Literatur. (Wissen und Können. Bd. 11.) gr. 8. VIII u. 262 S. mit 62 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1909. Gebunden M. 5.—

Routin, J. L., Le réglage des groupes électrogènes. Préface de M. H. Léauté. 8. 155 S. mit 45 Figuren. Paris, „La Lumière électrique", 40, rue des Écoles. 1908.

Schiffner, C. u. M. Weidig, Radioaktive Wässer in Sachsen. II. Teil. gr. 8. 84 S. mit 19 Abbildungen. Freiberg, Craz & Gerlach. 1909. M. 3.—

Stolte, K. F., Molekulare Größen, aus der Oberflächenspannung und der inneren Verdampfungswärme berechnet. (Öfversigt af finska Vetenskaps-Societetens Förhandlingar. 1908/09. No. 20.) 8. 5 S.

Südpolar-Expedition, deutsche, 1901—1903. Im Auftrage des Reichsamtes des Innern herausgegeben von E. v. Drygalski. gr. 4. III. Band. Meteorologie I. Band 1. Heft 1: W. Meinardus, Meteorologische Ergebnisse der Winterstation des „Gauß" 1902—1903. 126 S. mit Tafel 1—13 und 3 Abbildungen im Text. M. 22.—, Subskript.-Preis M. 18.—. IV. Band: Meteorologie. II. Band: Tabellen. Heft 1: W. Meinardus, Meteorologische Ergebnisse der Winterstation des „Gauß" 1902—1903. 123 S. M. 29.—, Subskript.-Preis M. 24.—. V. Band: Erdmagnetismus. I. Band. Heft 2: Fr. Bidlingmaier, Erdmagnetische Beobachtungen und anschließende Untersuchungen. I. Teil: Die Grundlagen. 309 S. mit Tafel 1—4 und 15 Abbildungen im Text. M. 32.—, Subskript.-Preis M. 26.—

Tesar, L., Die Mechanik. Eine Einführung mit einem metaphysischen Nachwort. gr. 8. XIV u. 220 S. mit 111 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1909. M. 3.20, gebunden M. 4.—

Uhlich, R., Entwurf zu einer Gastheorie mit ruhenden Körpermolekülen. (Sonderabdruck einer Schulprogrammabhandlung des Kgl. Realgymnas. Döbeln.) gr. 8. 35 S. Döbeln, Druck v. A. Thallwitz. 1909.

Volkmann, P., Fähigkeiten der Naturwissenschaften und Monismus der Gegenwart. Vortrag am 19. April im wissenschaftlichen Predigerverein zu Königsberg/Pr. gehalten und mit einem Nachwort versehen. Leipzig, B. G. Teubner. 1909. M. 1.—

Ziegler, J. H., Die Struktur der Materie und das Welträtsel. gr. 8. 98 S. Bern. 1908. Zu beziehen durch: R. Friedländer & Sohn, Berlin NW., Karlstr. 11. M. 1.50

Have
other
vols